Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

«Воронежская государственная лесотехническая академия»

## Компьютерная геометрия и графика

Методические указания к выполнению лабораторных и курсовых работ для студентов по направлению подготовки

230400 – Информационные системы и технологии

Воронеж 2013

УДК 681.3

Цикоза, Л. П. Компьютерная геометрия и графика [Текст] : методические указания к выполнению лабораторных и курсовых работ для студентов по направлению подготовки 230400 – Информационные системы и технологии, / Л. П. Цикоза, В. И. Анциферова ; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО «ВГЛТА». – Воронеж, 2013. – 123 с.

Печатается по решению учебно-методического совета

ФГБОУ ВПО «ВГЛТА» (протокол № 4 от 11 декабря 2009 г.)

Рецензент начальник отделения ОАО «НИИЭТ», канд. техн. наук,

Лауреат Государственной Премии РФ В.П. Крюков

**ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время существует множество графических редакторов и программ геометрического моделирования. Компания Autodesk – один из ведущих производителей систем автоматизированного проектирования и программного обеспечения для конструкторов, дизайнеров, архитекторов. Система AutoCAD, разработанная этой компанией, является лидирующей в мире платформой программного обеспечения систем автоматизированного проектирования (САПР). AutoCAD является постоянно развивающейся базовой средой проектирования, каждая новая версия которой наследует все лучшее от предыдущих версий.

Целью преподавания дисциплины «Компьютерная геометрия и графика» является обучение студентов по направлению подготовки 230400 – «Информационные системы и технологии» основам применения универсальной системы автоматизированного проектирования AutoCAD 2007 в практической инженерной деятельности. Методические указания содержат девять лабораторных работ и указания по выполнению и оформлению курсовых работ.

Лабораторные работы № 1 – 4 рассматривают основные сведения об AutoCAD 2007: основные понятия и интерфейс, режимы и настройки рисования, основные методы рисования и редактирования в двумерном пространстве.

Лабораторная работа № 5 знакомит студентов со способами задания и ввода координат в пространстве, просмотра трехмерных моделей.

Лабораторная работа № 6 знакомит студентов с созданием таких пространственных моделей как каркасные и поверхностные.

Лабораторная работа № 7 посвящена вопросам моделирования тел в трехмерном пространстве.

Лабораторная работа № 8 рассматривает вопросы редактирования в трехмерном пространстве: редактирование трехмерных объектов и тел.

Лабораторная работа № 9 знакомит студентов с интерактивным просмотром моделей: обход и облет модели, анимация движением по траектории.

Каждая лабораторная работа включает теоретический материал, ряд упражнений и вопросы для самопроверки. Все выполненные упражнения должны быть сохранены на жестком диске ПК в папке, именуемой фамилией студента. Сохраняемые файлы являются формой отчета по выполнению лабораторных работ. Устный опрос по приведенным вопросам для самопроверки проводится преподавателем при защите студентом отчета по лабораторной работе.

В конце всех лабораторных работ приведены методические указания, предназначенные для самостоятельного написания курсовой работы, в соответствии с описанными в методических указаниях этапами ее выполнения, оформления и защиты, что будет способствовать усвоению получаемых студентами знаний.

**Лабораторная работа № 1**

**Тема работы:** Основные понятия и интерфейс AutoCAD 2007.

**Общие сведения об AutoCAD**

AutoCAD – это универсальный графический пакет, предназначенный для любого специалиста, работающего с технической графикой. Система AutoCAD принадлежит к векторному типу компьютерной графики.

По умолчанию чертежи программы AutoCAD сохраняются в файлах с расширением ***DWG***.

Первый этап настройки чертежа – задание единиц измерения и границ рисунка. Одна единица может обозначать любую величину (1 дюйм, 1 фут, 1 метр и т.д.).

Окно чертежа – безразмерное пространство, в котором создаются чертежи с использованием декартовой системы координат. В декартовой системе координат каждая двумерная точка описывается 2 числовыми координатами X и Y, отделяемыми друг от друга запятой, по умолчанию значение координаты Z равно 0. Ось Z направлена перпендикулярно плоскости XY и используется для обозначения точек в трёхмерном пространстве.

Вкладка ***Модель***(*Model*) используется для отображения трёхмерного пространства модели, применяемого для трёхмерного представления проекта. В общем случае, пространство модели используется для рисования геометрических объектов чертежа.

Вкладки ***Лист***(*Layout*) используются для представления двумерного пространства листа, применяемого для отображения разных видов пространства модели с целью их печати.

**Запуск системы AutoCAD**

Запуск AutoCAD осуществляется следующими способами:

* на *Панели задач* выберите из меню *Пуск*(*Start*)⇒ *Программы*(*Programs*)⇒ *AutoCAD 2007*(*AutoCAD 2007*):
* на *Рабочем столе* Windows дважды щелкните на пиктограмме *AutoCAD 2007*.

При запуске AutoCAD предлагает создать новый неименованный рисунок. Можно либо начать создавать в нем объекты, либо открыть с диска уже имеющийся файл.

**Пользовательский интерфейс AutoCAD**

На рис. 1 приведен рабочий стол AutoCAD версии 2007 для Windows.

В рабочий стол AutoCAD для Windows включены:

* *строка заголовка* – самая верхняя строка;
* *строка меню* – вторая строка, расположенная непосредственно под

заголовком окна программы;

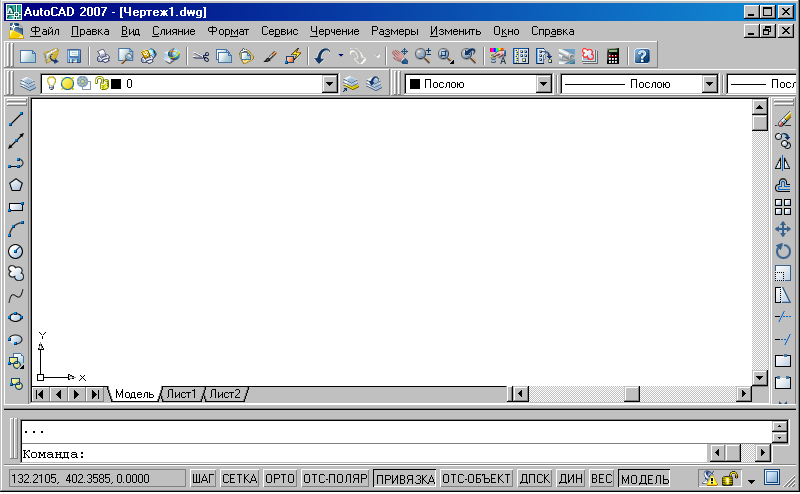
* необязательные панели инструментов:

*- стандартная панель инструментов –* третья строка;

*- панель инструментов Слои*(*Layers*) и *Свойства*(*Properties*) *–* четвертая строка;

*- различные панели инструментов –* например, столбцы слева и справа;

* *строка состояния –* нижняя строка;
* *окно командных строк –* сразу перед строкой состояния;
* *графическое поле*, занимающее всю остальную часть *Рабочего стола.*



панель *Слои*(*Layers*)

заголовок

стандартная панель инструментов

строка меню

панель *Свойства*(*Properties*)

панель *Изменить*(*Modify*)

панель *Черчение*(*Draw*)

командная строка

строка состояния

Графическое поле

Рис. 1. Рабочий стол AutoCAD 2007

**Строка меню**

Строка меню по умолчанию содержит следующие пункты:

* ***Файл***(*File*) – команды работы с файлами: создание, открытие, сохранение, печать и прочее;
* ***Правка***(*Edit*) – команды редактирования частей графического поля рабочего стола программы;
* ***Вид***(*View*) – команды управления экраном, панорамирования, установки точки зрения, удаления невидимых линий, закраски, управления параметрами дисплея; позволяет устанавливать необходимые панели инструментов;
* ***Вставка***(***Insert***) – осуществляет вставку блоков, внешних

объектов, объектов других приложений;

* ***Формат***(*Format*) – обеспечивает работу со слоями, цветом, типом линий, управление стилем текста, размером, видом маркера точки, стилем мультилинии; установку единиц измерения, границ чертежа;
* ***Сервис***(*Tools*) – содержит средства управления системой, экраном пользователя, включает установку параметров черчения и привязок с помощью диалоговых окон; обеспечивает работу с пользовательской системой координат;
* ***Черчение***(*Draw*) – включает команды двумерного и трехмерного рисования;
* ***Размеры***(*Dimension*) – содержит команды простановки размеров и управления параметрами размеров;
* ***Изменить***(*Modify*) – включает команды редактирования чертежа;
* ***Окно***(*Window*) – многооконный режим работы с чертежами;
* ***Справка***(*Help*) – вывод на экран системы гипертекстовых подсказок.

### Панели инструментов

Панели инструментов представляют графический интерфейс для команд программы. Команды AutoCAD на панелях инструментов представлены в виде пиктограмм. По мере перемещения курсора по пиктограмме появляется название соответствующей команды.

Вывести на *Рабочий стол* требуемую панель инструментов можно через контекстное меню, которое вызывается щелчком правой кнопкой мыши на пиктограмме любой панели инструментов и затем, в появившемся списке, необходимо выбрать нужную панель.

По умолчанию, когда в первый раз запускается AutoCAD, на экране отображаются следующие панели инструментов:

* ***Стандартная***(*Standard*) – предоставляет основные команды для работы с чертежами;
* ***Слои***(*Layers*) – используется для управления слоями в изображении;
* ***Свойства***(*Properties*) – используется для управления свойствами объектов;
* ***Черчение***(*Draw*) – предоставляет команды рисования;
* ***Изменить***(*Modify*) – предоставляет команды изменения объектов.

###### Строка состояния

Строка состояния, расположенная в нижней части *Рабочего стола*,

содержит текущие координаты курсора и кнопки включения/выключения режимов рисования (рис. 2):

* ***ШАГ***(*SNAP*) – включение и выключение шаговой привязки курсора;
* ***СЕТКА***(*GRID*) – включение и выключение сетки;
* ***ОРТО***(*ORTHO*) – включение и выключение ортогонального режима;
* ***ОТС-ПОЛЯР***(*POLAR* ) – полярное отслеживание;
* ***ПРИВЯЗКА***(*OSNAP*) – включение и выключение режимов объектной привязки;
* ***ОТС-ОБЪЕКТ*(***OTRACK***) –** включение и выключение режима отслеживания при объектной привязке;
* ***ДПСК*(***DUCS***) –** включение и выключение динамической ПСК;
* ***ДИН*(***DYN***) –** включение и выключение динамического ввода;
* ***ВЕС*(***LWT***) –** включение и выключение режима отображения линий в соответствии с весами (толщинами);
* ***МОДЕЛЬ*/*ЛИСТ***(*MODEL***/***PAPER*) **–** переключение из пространства модели в пространство листа.



Рис. 2. Строка состояния

###### Окно командных строк

Окно командных строк обычно расположено над строкой состояния и даёт возможность пользователю вводить команды с клавиатуры. Многие команды дополняются параметрами, которые перечисляются в списке, заключённом в квадратные скобки. Элементы такого списка отделяются друг от друга косой чертой. Параметры могут задаваться путём ввода полных ключевых слов или путём ввода заглавных символов в именах параметров. Например, при вводе команды *Ящик*(*Box*) в командной строке отображается подсказка:

*Другой угол или* [*Куб*/*Длина*]: Д

(*Specify other corner or* [*Cube/Length*]):

В приведенном примере, команда содержит две опции: *Куб* и *Длина*. Для выбора опции *Длина* достаточно ввести заглавный символ *Д*.

Для отмены команды используется клавиша *Esc*.

**Открытие рисунков**

Открыть существующий рисунок можно с помощью команды ***ОТКРЫТЬ***(*OPEN*), которая вызывается из строки меню ***Файл***(*File*)⇒ ***Открыть***(*Open*) или щелчком мыши на пиктограмме  на стандартной панели инструментов.

После обращения к команде *OPEN* на экране появляется диалоговое окно выбора файла ***Выбор файла***(*Select File*). Здесь можно выбрать имя файла из списка или ввести это название в поле ***Имя файла***(*File name*).

**Создание рисунков**

Создать новый рисунок можно с помощью команды ***СОЗДАТЬ***(*NEW*), которая вызывается из строки меню ***Файл***(*File*)⇒ ***Создать***(*New*) или щелчком мыши на пиктограмме  на стандартной панели инструментов.

После вызова команды *СОЗДАТЬ*(*NEW*) выводится диалоговое окно ***Выбор шаблона***(*Select a Template*) для создания рисунка по шаблону – документу, установки которого используются как основа нового рисунка. В окне выводится список имен файлов шаблонов с расширением *DWT*.

**Сохранение рисунков**

Команда сохранения рисунка вызывается из строки меню ***Файл***(*File*)⇒ ***Сохранить***(*Save*) или щелчком мыши на пиктограмме  на стандартной панели инструментов. Для сохранения рисунка под другим именем используется команда ***СОХРАНИТЬКАК***(*SAVEAS*), которая вызывается из падающего меню ***Файл***(*File*)⇒ ***Сохранить как…***(*Save As…*). По умолчанию чертежи программы AutoCAD сохраняются в файлах с расширением ***DWG***.

**Выход из AutoCAD**

Для выхода из AutoCAD используется команда ***ВЫХОД***(*QUIT*), которая вызывается из строки меню ***Файл***(*File*)⇒ ***Выход***(*Exit*).

Команда позволяет сохранить или проигнорировать сделанные в рисунке изменения и выйти из AutoCAD.

**Определение формата единиц**

Размеры объектов, создаваемых в AutoCAD, задаются в условных единицах измерения. Соответствие единиц AutoCAD и единиц существующих метрических систем устанавливается перед рисованием.

Тип и точность представления единиц задаются в диалоговом окне ***Единицы чертежа***(*Drawing Units*), которое вызывается в строке меню ***Формат***(*Format*)⇒  ***Единицы*** (*Units*).

В области ***Линейные***(*Length*) устанавливается формат и точность единиц измерения расстояний, в области ***Угловые***(*Angle*) – формат и точность угловых единиц.

Для измерения расстояний предлагаются следующие форматы единиц: *Научные*(*Scientific*), *Десятичные*(*Decimal*), *Технические*(*Engineering*), *Архитектурные*(*Arhitectural*), *С дробной частью*(*Fractional*).

Для измерения угловых величин предлагаются следующие форматы единиц: *Десятичные градусы*(*Decimal*), *Градусы*/*Mин*/*Cек*(*Degrees*/ *minutes*/*seconds*), *Грады*(*Grads*), *Радианы*(*Radians*), *Топографические* (*Surveyor’s*).

Для задания нулевого угла необходимо щелкнуть «мышью» по кнопке ***Направление***…(*Direction*…). При этом вызывается диалоговое окно выбора направления ***Выбор направления***(*Direction Control*).

Нулевым называется направление, относительно которого AutoCAD измеряет углы, и по умолчанию нулевым считается направление вправо от исходной точки.

**Определение границ рисунка**

Команда ***ЛИМИТЫ***(*LIMITS*) позволяет установить границы для текущего рисунка в пространстве модели и в пространстве листа.

Границы рисунка – это пара двумерных точек в мировой системе координат: координаты левого нижнего и правого верхнего углов, определяющие прямоугольную область. По оси Z границы не устанавливаются.

Задание команды: в командной строке ввести ***ЛИМИТЫ***(*LIMITS*) или выбрать в строке меню ***Формат***(*Format*)⇒ ***Лимиты***(*Limits*).

Запросы команды ***ЛИМИТЫ***(*LIMITS*):

*Левый нижний угол или* [*Вкл*/*Откл*] <0.0000,0.0000>: задать координаты

(или нажать клавишу *Enter*) или выбрать опцию

(*Specify* *lower left corner or* [*ON*/*OFF*] <0.0000,0.0000>):

*Правый верхний угол* <420.0000,297.0000>: задать координаты (или

нажать клавишу *Enter*)

(*Specify upper right corner* <420.0000,297.0000>):

Опции:

* *Вкл*(*On*) – включение контроля лимитов. Если контроль лимитоввключен, то пользователь не может вводить точки, координаты которых выходят за границы рисунка;
* *Откл*(*Off*) – отключение контроля лимитов.

После определения границ рисунка выберите в строке меню *Вид*(*View*)⇒ *Показать все*(*Zoom All*), чтобы уместить весь чертёж в области изображения.

**Определение параметров сетки**

Сеткой называется упорядоченная последовательность точек, покрывающих область рисунка в пределах лимитов. Использование сетки помогает выравнивать объекты и оценивать расстояние между ними. На печать сетка не выводится.

Включение сетки и определение ее шага осуществляется в диалоговом окне ***Режимы рисования***(*Drafting Settings*), которое загружается из строки меню ***Сервис***(*Tools*)⇒ ***Режимы рисования***(*Drafting Settings*).

Сетка включается установкой флажка ***Сетка Вкл***(*Grid On*). В области ***Сетка***(*Grid*) устанавливаются интервалы сетки по горизонтали и вертикали.

Включить и отключить сетку можно в *строке Состояния*, щелкнув мышью на кнопке ***Сетка***(*Grid*).

**Определение шага привязки**

Шаговая привязка обычно используется для точного указания точек с помощью мыши. В режиме шаговой привязки ***ШАГ***(*SNAP*) курсор может находиться только в определенных точках, согласно значению шага.

Включение шаговой привязки ***ШАГ***(*SNAP*) и определение ее параметров осуществляется в диалоговом окне ***Режимы рисования***(*Drafting Settings*), которое загружается из строки меню ***Сервис***(*Tools*)⇒ ***Режимы рисования***(*Drafting Settings*).

Шаговая привязка включается установкой флажка ***Шаг Вкл***(*Snap On*). В области ***Шаг***(*Snap*) устанавливается значение шага привязки по осям X и Y. Шаг привязки не обязательно должен совпадать с интервалом сетки.

Включить и отключить шаговую привязку можно в *строке Состояния*, щелкнув мышью на кнопке ***Шаг***(*Snap*).

**Упражнение 1**. Запустите систему AutoCAD и создайте новый рисунок, в котором: *установите область рисования равной* *420×297 мм*; *включите сетку с шагом, равным* 5; *установите десятичные единицы для измерения расстояний и десятичные градусы для измерения угловых величин*; *включите шаговую привязку с шагом, равным* 2. После установки параметров сохраните файл с именем *Prim* в своей рабочей папке и выйдите из системы AutoCAD.

**Разделение рисунка по слоям**

Методика разработки чертежей основана на создании различных компонентов чертежа в различных слоях и различ­ными цветами (например, при проектировании строений можно сделать разводки водопровода, теплосети, электропроводки в отдельных слоях).

Управление установками свойств слоёв осуществляется в диалоговом окне **Диспетчер свойств слоёв** (Layer Properties Manager), которое загружается из строки меню **Формат**(Format)⇒ **Слой**(Layer) или щелчком мыши на пиктограмме  на панели инструментов.

При создании нового рисунка автоматически создается слой с именем **0**. Слой **0** не может быть удален и переименован.

Диалоговое окно **Диспетчер свойств слоёв**(LayerProperties Manager) (рис. 3) делится на две основные области: список фильтров слоёв (слева) и список слоёв (справа). Фильтры слоёв позволяют отображать только те слои, которые соответствуют определённым условиям. В списке слоёв показываются названия и свойства слоёв, определённых в текущий момент времени в чертеже.

**Установить текущим** (Current Layer)

**Удалить слой** (Delete Layer)

Фильтры слоёв

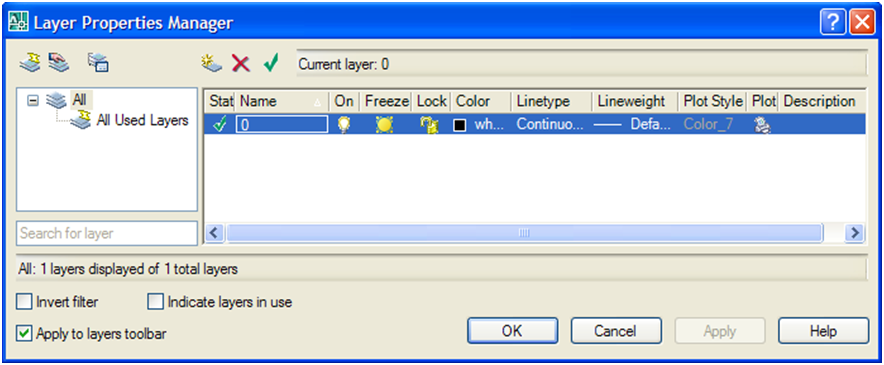


Рис. 3. Окно Layer Properties Manager (Диспетчер свойств слоёв)

Слои имеют следующие свойства:

* **Имя**(Name) – алфавитно-цифровая информация, включающая специальные символы и пробелы;
* **Видимость**(Turn a layer On or Off) – слой может быть видимым(On) или невидимым(Off). Изображаются на экране только примитивы, принадлежащие видимому слою;
* **Замороженный/размороженный**(Freeze or thaw in ALL VP) – замораживание означает отключение при регенерации видимости слоя;
* **Блокированный**/**разблокированный**(Lock or Unlock a layer) **–** примитивы на блокированном слое остаются видимыми, но их нельзя редактировать;
* **Цвет**(Color) – определяет цвет примитивов заданного слоя;
* **Тип линии**(Linetype) – тип линии, которым будут создаваться все примитивы, принадлежащие слою;
* **Вес линии**(Lineweight) – вес (толщина) линии, которой отрисовываются все примитивы, принадлежащие слою (для AutoCAD версии 2000 и выше).

**Упражнение 2**. Создать новый слой с именем SL1 и установить для него тип линии и цвет.

1. Откройте файл с именем *Prim*, созданный в упр. 1.
2. Вызовите диалоговое окно *Диспетчер свойств слоёв*(*Layer Properties Manager*) любым из выше указанных способов.
3. В диалоговом окне нажмите кнопку *Новый слой*(*New Layer*). В свойстве *Name* введите название SL1 и нажмите клавишу <*Enter*>.
4. Для слоя SL1 в свойстве *Тип линии*(*Linetype*) выберите CONTINUOUS.
5. В диалоговом окне *Выбор типа линий*(*Select Linetype*) выберите кнопку *Загрузить*(*Load*).
6. В диалоговом окне *Загрузка или перезагрузка типов* *линий*(*Load or Linetypes*) выберите тип линии *Штриховая2*(*Center2*)и щёлкните *Ok*. В результате в ваш чертёж загрузится выбранный тип линии.
7. Выберите для созданного слоя SL1 свойство *Цвет*(*Color*). В диалоговом окне *Выбор цвета*(*Select Color*) установите синий цвет и закройте диалоговое окно щелчком мыши на кнопке *Ok*.
8. Щёлкните *Ok*, чтобы закрыть диалог и вернуться к чертежу.

**Упражнение 3**. Создать отрезок в слое SL1 и в слое 0.

1. Выберите, на панели *Слои*(*Layers*) в открывающемся списке, слой SL1 или вызовите диалоговое окно *Диспетчер свойств слоёв*(*Layer Properties Manager*) и установите слой SL1. После этого слой SL1 станет текущим слоем чертежа.
2. Вызовите команду *Отрезок*(*Line)* из меню *Черчение*(*Draw*)⇒ *Отрезок* (*Line*) или щелчком мыши по пиктограмме *Отрезок*(*Line*) панели инструментов *Черчение*(*Draw*). Создайте отрезок, отвечая на запросы команды:

* задайте координаты первой точки: 50,30;
* координаты следующей точки: 150,230;
* для завершения нажмите клавишу <*Enter*>.

1. Установите слой 0 текущим (см. п.1).
2. Вызовите команду *Line*(*Отрезок*). Создайте отрезок, отвечая на запросы команды:

* задайте координаты первой точки: 100,30;
* координаты следующей точки: 200,230;
* для завершения нажмите клавишу <*Enter*>.

**Упражнение 4.** Перемещение объектов на другой слой.

1. Выделите линию, созданную в слое 0. Для этого щёлкните на линии мышью.
2. Откройте палитру *Свойства*(*Properties*) для отображения свойств выделенной линии. Для этого выберите команду меню *Изменить*(*Modify*) ⇒*Свойства*(*Properties*). Выберите свойство *Слой*(*Layer*) и укажите в раскрывающемся списке слой SL1. В результате этого выделенная линия переместится на слой SL1 и примет его свойства.

В действительности линия никуда не перемещается – изменяется значение её свойства *Слой*(*Layer*) с **0** на SL1.

**Вопросы для самопроверки**

1. Из каких элементов состоит рабочий стол AutoCAD и их назначение?
2. Как осуществляется создание, открытие и сохранение рисунка?
3. Как установить границы рисунка, шаг сетки, формат единиц?
4. Какие свойства имеет слой и их назначение?
5. Как переместить объекты на другой слой?

**Лабораторная работа № 2**

**Тема работы**: Системы координат: ввод координат, задание пользовательской системы координат, объектная привязка координат.

Ввод координат

Ввод координат в AutoCAD осуществляется двумя способами:

* с *клавиатуры* путем задания численных значений;
* с использованием *графического маркера* (курсора), который перемещается по экрану с помощью устройства указания. Ввод координат осуществляется щелчком левой кнопки «мыши».

Для удобства ввода координат можно использовать:

* *орто*-*режим*, когда изменение координат происходит только поосям *X* или *Y*. Орто-режим устанавливается либо функциональной клавишей **F8**, либо щелчком «мыши» по кнопке **ОРТО**(ORTHO) в информационной строке;
* *привязку к узлам* невидимой сетки, определенной с некоторымшагом по *X* и *Y*. Привязку к узлам можно установить либо функциональной клавишей **F9**, либо щелчком «мыши» на кнопке **ШАГ**(SNAP) в информационной строке.

В двумерном пространстве точка определяется в плоскости *XY*, которая называется также плоскостью построений. Ввод координат с клавиатуры возможен в виде *абсолютных* и *относительных* координат.

Ввод *абсолютных координат* производится в следующих форматах:

* *прямоугольных*(декартовых) координат. При этом для задания двумерных и трехмерных координат применяются три взаимно перпендикулярные оси: *X*, *Y* и *Z*. Ввод координат осуществляется в указании расстояния от точки до начала координат по каждой из этих осей, а также направления (+ или – ).
* *полярных* координат **r<A**, где **r** – радиус; **A** – угол от предыдущей точки. Угол задается в градусах против часовой стрелки. Значение 0 соответствует положительному направлению оси *X*.

*Относительные координаты* задают смещение от последней введенной точки. Для указания относительных координат некоторой точки необходимо перед вводом значений координат ввести символ "@". При вводе точек в относительных координатах можно использовать любой формат записи в абсолютных координатах: @dx,dy для декартовых, @r<A для полярных.

Относительные декартовые координаты удобно применять в том случае, если известно смещение точки относительно предыдущей.

**Упражнение 1**. Построить ромб со стороной, равной 50 мм (рис. 4), задавая точки в абсолютных, относительных и полярных координатах.

1. Установите область рисования равной 420×297;
2. Задайте команду *Отрезок*(*Line*);
3. Введите абсолютные координаты первой точки: 50, 20;
4. Вторую точку задайте в относительных координатах: @50, 0;
5. Третью точку задайте в полярных координатах: @50<45;
6. Четвертую точку задайте в относительных координатах: @−50, 0;
7. Выберите опцию *Замкнуть*(*Close*), чтобы провести отрезок между

четвертой точкой и первой;

1. Сохраните файл с именем *Romb*, в своей папке.

**(50,20)**

**(@50,0)**

**(@50<45)**

**(@–50,0)**

**450**

**1**

**4**

**3**

**2**

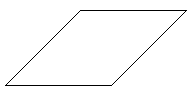


Рис. 4. Ромб, построенный командой *Отрезок*(*Line*)

## Пользовательская система координат

В AutoCAD существуют две системы координат: мировая система координат **МСК**(World Coordinate System WCS) и пользовательская система координат **ПСК** (User Coordinate System UCS). Ось *X* мировой системы координат направлена горизонтально, ось *Y* – вертикально, а ось *Z* проходит перпендикулярно плоскости *XY*. Началом координат является точка пересечения осей *X* и *Y*. Первоначально она совмещается с левым нижним углом рисунка. В любой текущий момент активна только одна система координат, которую принято называть *текущей.*

Основное отличие мировой системы координат **МСК**(WCS) от пользовательской **ПСК**(UCS) заключается в том, что мировая система координат может быть только одна (для каждого пространства модели и листа), и она неподвижна. Применение ПСК не имеет практически никаких ограничений. Она может быть расположена в любой точке пространства под любым углом к мировой системе координат. ПСКобычно используется для работы с фрагментами рисунка, расположенными в разных его частях. Поворот ПСК упрощает указание точек на трехмерных и повернутых видах. Узловые точки и базовые направления, определяемые режимами ШАГ(SNAP), СЕТКА(GRID) и ОРТО(ORTHO), поворачиваются вместе с ПСК.

При работе с ПСК допускается поворачивать её плоскость *XY* и смещать начало координат. Все координаты при вводе отсчитываются относительно текущей пользовательской системы координат.

Пиктограмма ПСК всегда изображается в плоскости *XY* текущей ПСК и указывает направление осей *X* и *Y*. Пользовательская система координат по умолчанию совпадает с мировой системой координат. На пиктограммах системы координат пространства модели и пространства листа присутствует символ **М**(W), если пользовательская система координат совпадает с мировой. Во всех остальных случаях этот символ отсутствует.

Можно управлять видимостью пиктограммы ПСК с помощью команды **ЗНАКПСК**(UCSICON), которая вызывается из командной строки или из падающего меню **Вид**(View)⇒ **Отображение**(Display).

*Запрос*:

**Вкл**/**Откл**/**ВСе**/**Безначала**/**Начало**/<**Вкл**>:

ON/OFF/All/Noorigin/ORigin <ON>:

*Опции*:

**Вкл**(ON) – включает отображение пиктограммы ПСК;

**Откл**(OFF) – отключает отображение пиктограммы ПСК;

**ВСе**(All) – вносит изменения на все видовые экраны;

**Безначала**(Noorigin) – помещает пиктограмму ПСК в нижний левый угол независимо от положения начала ПСК. Используется по умолчанию;

**Начало**(Origin)- размещает пиктограмму ПСК в начале текущей ПСК.

Если пиктограмма ПСК отображается в начале текущей ПСК, то в ней размещается знак “+”, в противном случае она отображается в левом нижнем углу и без знака “+”.

## Задание пользовательской системы координат в пространстве

Для изменения положения **ПСК**(UCS) применяются следующие способы:

* указание новой плоскости *XY* или новой оси *Z*:
* ввод нового начала координат;
* совмещение ПСК с имеющимся объектом;
* совмещение ПСК с гранью тела;
* совмещение ПСК с направлением взгляда;
* поворот ПСК вокруг одной из осей;
* расположение плоскости *XY* ПСК перпендикулярно выбранному в качестве оси *Z* направлению;
* восстановление ранее сохранённой ПСК;
* применение имеющейся ПСК к любому видовому экрану.

Размещение, перемещение, вращение и отображение пользовательской системы координат осуществляется посредством команды **ПСК**(UCS). Вызвать её можно из командной строки или из падающего меню **Сервис**(Tools)⇒ **Новая ПСК** (New UCS). Наиболее удобным представляется вызов команды **ПСК**(USC) из панели инструментов (рис. 5).



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13

Рис. 5. Панель инструментов ПСК(UCS)

1. **ПСК** (UCS) – определение новой пользовательской системы координат;

Задав команду ПСК(UCS), появится запрос:

*Начало ПСК или* [*Грань*/*именоваННая*/*ОБъект*/*преДыдущая*/*Вид*/*Мир*/ *X*/*Y*/*Z/*

/*ZОсь*]<*Мир*>: задать опцию

*Specify origin of USC or* [*Face*/*Named*/*Object*/*Previous*/*View*/*World*/*X*/*Y*/*Z*/*ZAxis*/]

<*World*>: задать опцию

1. **Мировая СК** (World) – переход к мировой системе координат;
2. **Предыдущая ПСК** (USC Previous) – восстановление предыдущей ПСК. При этом сохраняется десять последних определенных ПСК;
3. **ПСК на грани**(Face USC) – определение пользовательской системы координат путём указания на грань;
4. **Объект**(Object) – выравнивание системы координат по существующему объекту;
5. **Вид**(View) **–** выравнивание системы координат в направлении текущего вида, то есть определение новой системы координат с плоскостью *XY*, перпендикулярной направлению вида (иначе говоря, параллельно экрану);
6. **Начало**(Origin) – размещение ПСК в начале координат;
7. **Zось**(Zaxis) – определение нового начала координат и нового положительного направления оси *Z*;
8. **3точки**(3point) **–** определение нового начала координат и направление осей *X* и *Y* по трём точкам;
9. **X** – поворот системы координат вокруг оси *X*;
10. **Y** – поворот системы координат вокруг оси*Y*;
11. **Z** – поворот системы координат вокруг оси *Z*;
12. **Применить**(Apply) – применение текущей ПСК к выбранному видовому экрану.

Управление системами координат осуществляется в диалоговом окне **ПСК** (UCS), которое вызывается командой **ДИАЛПСК**(DDUCS) или из падающего меню **Сервис**(Tools)⇒ **Именованные ПСК** (Named UCSs).

В диалоговом окне **ПСК**(UCS) на вкладке **Именованные ПСК**(Named UCSs) отображается список ранее определенных систем координат. Чтобы сделать систему координат текущей, необходимо навести указатель мыши на её имя и щёлкнуть на кнопке ***Установить***(*Set Current*). Для удаления пользовательской системы координат необходимо навести на её имя указатель мыши и нажать клавишу <Delete>. При щелчке на кнопке ***Подробности***(*Details*), раскрывается диалоговое окно **Подробности о ПСК**(UCS Details), в котором отражена вся информация о координатах точки начала и направлении осей относительно текущей системы координат по каждой именованной ПСК.

Ориентацию текущей ПСК можно изменить в диалоговом окне **ПСК**(UCS) на вкладке **Ортогональные ПСК**(Orthographic UCSs). В AutoCAD имеются шесть стандартных ортогональных ПСК: верхняя, нижняя, передняя, задняя, левая и правая, которые отображены в диалоговом окне в виде слайдов.

**Упражнение 2**. Задать пользовательскую систему координат с именем U1, изменив начало координат. Создать прямоугольники в разных системах координат.

1. Создайте новый файл.
2. Установите область рисования равной 420×297.
3. В падающем меню *Вид*(*View*)⇒ *Отображение*(*Display*)⇒ *Знак* *ПСК*(*Sign UCS*) выполните следующее: установите флажки *Вкл*(*On*) и *Начало*(*Origin*); выберите *Свойства*(*Propertis*) и в разделе *Стиль знака ПСК* установите 2D.
4. Создайте пользовательскую систему координат, изменив начало координат. Для этого запустите команду *ПСК*(*UCS*) из строки меню *Сервис* (*Tools*)⇒*Новая ПСК*(*New UCS*)⇒*Начало*(*Origin*). В командной строке задайте новые координаты начала: 100,150.
5. Задайте команду *ДИАЛПСК*(*DDUCS*) из строки меню*Сервис*(*Tools*)⇒ *Именованные ПСК* (*Named UCSs*). В появившемся диалоговом окне *ПСК* (*UCS*) на вкладке *Именованные ПСК*(*Named UCSs*) отобразится список ранее определенных систем координат. Щёлкните правой кнопкой мыши на системе координат *Без имени* и переименуйте её в U1. Сделайте текущей мировую систему координат. Для этого укажите мышью на имя *Мировая СК* (*World*) и щёлкните на кнопке *Установить*(*Set Current*). Щёлкните на кнопке *OK*.
6. Вызовите команду *Отрезок*(*Line)* из меню *Черчение*(*Draw*)⇒ *Отрезок* (*Line*) или щелчком мыши по пиктограмме *Отрезок*(*Line*) панели инструментов *Черчение*(*Draw*). Создайте следующий прямоугольник:
   * введите абсолютные координаты первой точки: 0, 0;
   * вторую точку задайте в относительных координатах: @100,0;
   * третью точку задайте в относительных координатах: @0,150;
   * четвёртую точку задайте в относительных координатах: @−100,0;
   * выберите опцию *Замкнуть*(*Close*), чтобы провести отрезок между четвёртой точкой и первой.

Прямоугольник был создан в мировой системе координат.

1. Создайте прямоугольник в пользовательской системе координат U1. Для этого вызовите диалоговое окно *ПСК*(*UCS*) (см. п.5) и установите систему координат U1 текущей.
2. Вызовите команду *Отрезок* (*Line*) и создайте следующий прямоугольник:
   * координаты первой точки: 0, 0;
   * координаты второй точки: @80,0;
   * координаты третьей точки: @0,100;
   * координаты четвёртой точки: @−80,0;
   * выберите опцию *Замкнуть*(*Close*).

###### Объектная привязка координат

Объектная привязка – наиболее быстрый способ для точного указания точки на объекте без необходимости знания ее координат, а также для построения вспомогательных линий. Например, объектная привязка позволяет построить отрезок от центра окружности, от середины линии, от пересечения объектов. Объектную привязку можно задать в любой момент, когда AutoCAD ожидает ввода координат точки.

**Задание режимов привязки**

Задание режимов привязки осуществляется через диалоговое окно ***Режимы рисования***(*Drafting Settings*), которое загружается из строки меню ***Сервис***(*Tools*)⇒ ***Режимы рисования***(*Drafting Settings*) или на плавающей панели инструментов ***Объектная привязка***(*Object Snap*).

**Режимы привязки**

***Конечная точка***(*Snap to Endpoint***)** – привязка к ближайшей из конечных точек объектов (отрезков, дуг и т.п.).

**Упражнение 3**. Провести отрезки через конечные точки двух отрезков.

1. Установите область рисования равной 420×297.
2. Задайте команду *ОТРЕЗОК*(*LINE*) и создайте первый отрезок,

отвечая на запросы команды:

* введите координаты начальной точки отрезка: 50, 120;
* введите координаты конечной точки отрезка: 100, 130;
* нажмите *Enter* для завершения команды.

1. Задайте команду *ОТРЕЗОК*(*LINE*) и создайте второй отрезок, отвечая на запросы команды:

* введите координаты начальной точки отрезка: 30, 150;
* введите координаты конечной точки отрезка: 100, 150;
* нажмите *Enter* для завершения команды.

1. Вызовите диалоговое окно *Режимы рисования*(*Drafting*  *Settings*) из строки меню *Сервис*(*Tools*)⇒*Режимы Рисования* (*Drafting Settings*). Откройте в диалоговом окне вкладку *Объектная*  *привязка* (*Object Snap*) и установите режим *Конточка*(*Endpoint*).
2. Задайте команду *ОТРЕЗОК*(*LINE*) и укажите точку 1, нажав левую кнопку мыши (рис. 6).
3. Укажите точку 2, нажав левую кнопку мыши (рис. 6).
4. Нажмите клавишу *Enter*.
5. Задайте команду *ОТРЕЗОК*(*LINE*) и укажите точку 3, нажав левую кнопку мыши (рис. 6).
6. Укажите точку 4, нажав левую кнопку мыши (рис. 6).
7. Нажмите клавишу *Enter*.

1

3

2

4



Рис. 6. Построение с привязкой к конечным точкам

***Середина*(*Snap to Midpoint***) – привязка к средним точкам объектов (отрезков, дуг и т.п.).

**Упражнение 4**. Провести отрезок через середины двух отрезков.

1. Задайте команду *ОТРЕЗОК*(*LINE*) и создайте первый отрезок,

отвечая на запросы команды:

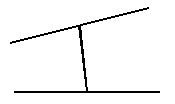
* введите координаты начальной точки отрезка: 140, 190;
* введите координаты конечной точки отрезка: 185, 200;
* нажмите *Enter* для завершения команды.

1. Задайте команду *ОТРЕЗОК*(*LINE*) и создайте второй отрезок,

отвечая на запросы команды:

* введите координаты начальной точки отрезка: 140, 175;
* введите координаты конечной точки отрезка: 190, 175;
* нажмите *Enter* для завершения команды.

1. Вызовите диалоговое окно *Режимы рисования*(*Drafting*  *Settings*) из строки меню *Сервис*(*Tools*)⇒*Режимы Рисования* (*Drafting Settings*). Откройте в диалоговом окне вкладку *Объектная привязка* (*Object Snap*) и установите режим *Середина*(*Midpoint*);
2. Задайте команду *ОТРЕЗОК*(*LINE*) и укажите точку 1, нажав левую кнопку мыши (рис. 7);
3. Укажите точку 2, нажав левую кнопку мыши (рис. 7);
4. Нажмите клавишу *Enter*.

****

1

2

Рис. 7. Построение с привязкой к средним точкам

**Вопросы для самопроверки**

1. Какие существуют способы для ввода координат?
2. В каком формате задаются абсолютные, относительные и полярные координаты?
3. Какие виды систем координат существуют в AutoCAD и их основное отличие? Как создать пользовательскую систему координат?
4. Назначение и установка режимов объектной привязки.

Лабораторная работа № 3

Тема занятия: Графические примитивы AutoCAD.

**Графические примитивы AutoCAD**

AutoCAD, как графическая система векторного типа, работает с геометрическим описанием объектов, составляющих изображение. Так, например, отрезок во внутреннем представлении графического редактора AutoCAD описывается двумя точками, круг описывается центром и радиусом и т.п. Такое представление данных называется векторным представлением в отличие от пиксельного описания картинки как поля цветных или черно-белых полей точек экрана.

Любое изображение создается с помощью базового набора примитивов. Каждый примитив, как правило, создается своей командой.

Все примитивы AutoCAD обладают рядом свойств (принад­леж­ность слою, цвет, тип линии, ширина и т.п.) Некоторые из этих свойств (например, цвет) присущи всем примитивам; есть ряд примитивов со своими специфическими свойствами.

Графические примитивы создаются командами рисования. Задать команду можно одним из следующих способов: 1) непосредственно с клавиатуры; 2) вызвав соответствующую команду из падающего меню **Черчение**(Draw); 3) щёлкнув соответствующую пиктограмму на панели инструментов; 4) вызвав соответствующую команду из экранного меню.

**ОТРЕЗОК**

Команда ***ОТРЕЗОК***(*LINE*) формирует отрезок.

Задать команду можно одним из способов: в командной строке ввести ***ОТРЕЗОК***(*LINE*); выбрать в строке меню ***Черчение***(*Draw*)⇒ ***Отрезок***(*Line*); щелкнуть мышью на соответствующей пиктограмме панели инструментов ***Черчение***(*Draw*).

Запросы команды ***ОТРЕЗОК*** (*LINE*):

*Первая точка*: ввести координаты первой точки

(*Specify first point*):

*Следующая точка или* [*Замкнуть*/*Отменить*]: ввести координаты

следующей точки или выбрать опцию

(*Specify next point or* [*Close*/*Undo*]):

Опции:

* *Замкнуть*(*Close*) – замыкает ломаную, состоящую из нескольких отрезков (их должно быть не меньше двух);
* *Отменить*(*Undo*) – отменяет последний созданный отрезок.

Команда ***ОТРЕЗОК***(*LINE*) не завершается после указания второй точки, а продолжает запрашивать одну точку за другой, позволяя строить одну непрерывную ломаную линию. Цикл заканчивается после нажатия клавиши <*Enter*> или нажатием правой кнопки «мыши».

**Упражнение 1**. Постройте ломаную замкнутую линию.

**ФИГУРА**

Для построения закрашенной области в AutoCAD существует специальный примитив – *фигура*. Фигура – это область, ограниченная четырехугольником (или треугольником, если две вершины совпадают) область может быть закрашенной или не закрашенной.

При выполнении команды ***ФИГУРА***(*SOLID*) система последовательно запрашивает координаты точек, являющихся вершинами фигуры.

Запросы команды ***ФИГУРА***(*SOLID*):

*Первая точка*:координаты первой точки

(*First point*):

*Вторая точка*:координаты второй точки

(*Second point*):

*Третья точка*:

(*Third point*):

*Четвертая точка*:

(*Fourth point*):

Сначала указываются две точки, определяющие первую сторону трех- или четырехугольного фрагмента. После этого вводятся конечные точки второй (противоположной стороны). Причем, если создается треугольный фрагмент, то указывается только одна точка второй стороны. Чтобы завершить генерацию области, на запрос третьей точки необходимо после ввода ее координат нажать клавишу <*Enter*>. Отметим, что при создании фигуры между собой соединяются только четные или нечетные точки (т.е. первая точка соединяется с третьей, вторая - с четвертой).

Если предварительно в команде ***ЗАКРАСИТЬ***(*FILL*) был задан ключ ***Вкл*** (*ON*), то фигура изображается в виде сплошной области, если ***Откл***(*Off*), то в виде контура.

Установка режима закрашивания так же справедлива для команд ***ПОЛОСА***(*TRACE*), ***ПЛИНИЯ*** (*PLINE*), ***КОЛЬЦО***(*DONUT*).

**Упражнение 2**. Создайте четырёхугольник с заливкой области.

1. Задайте команду *ЗАКРАСИТЬ*(*FILL*) и установите режим *Вкл* (*ON*).
2. Задайте команду *ФИГУРА*(*SOLID*) и введите следующие координаты четырёхугольника:

* координаты первой точки: 100,100;
* координаты второй точки: 130,160;
* координаты третьей точки: 200,100;
* координаты четвёртой точки: 200,160;
* нажмите клавишу <*Enter*>, чтобы закончить ввод координат.

**ПОЛОСА**

Команда ***ПОЛОСА***(*TRACE*) создает полосу, которая является объектом, производным от фигуры. Полоса – это фигура постоянной ширины, с помощью которой легко создать сплошную ломаную линию.

Запросы:

*Ширина полосы* **<***значение по умолчанию* **>:** задается ширина полосы

(*Trace width* **<***current* **>**)**:**

*Первая точка*: ввести координаты первой точки

(*Specify startt point*):

*Следующая точка*: ввести координаты следующей точки

(*Specify next poin*):

Отрезки в команде ***ПОЛОСА***(*TRACE*) задаются точно так же, как в команде ***ОТРЕЗОК***(*LINE*). Единственное отличие – в команде ***ПОЛОСА***(*TRACE*) запрашивается ввод ширины полосы. Ширину можно задать, введя ее значение непосредственно с клавиатуры, или с помощью «мыши», указав в графической зоне координаты двух точек. Расстояние между двумя указанными точками и будет шириной полосы.

Если был включен режим закрашивания, то полоса изображается в виде сплошной линии, если отключен, то полоса изображается в виде контура.

**Упражнение 3**. Создать примитив ПОЛОСА без заливки области.

### 1. Задайте команду *ПОЛОСА*(*TRACE*) и ответьте на запросы команды:

* ширина полосы: 4;
* координаты точек 1, 2, 3, 4, *5* введите, используя «мышь». Порядок задания точек произвольный.

**ОКРУЖНОСТЬ**

Команда ***КРУГ***(*CIRCLE*) формирует окружность.

Запросы команды ***КРУГ***(*CIRCLE*):

*Центр круга или* [*3Т*/*2Т*/*ККР*]: указать центр окружности или задать опцию

(*Specify center point for circle or* [*3P*/*2P*/*TTR*]):

Опции:

* *3Т*(*3P*) – строит окружность по трём точкам, лежащим на окружности. Опция задается путем ввода *3Т*(*3P*);
* *2Т*(*2P*) – строит окружность по двум точкам на диаметре. Опция задается путем ввода *2Т*(*2P*);
* *ККР***(***TTR*) – строит окружность по двум касательным и радиусу. Опция задается путем ввода *ККР*(*TTR*).

Далее AutoCAD предлагает выбрать способ задания размера окружности – диаметром или радиусом:

*Радиус круга или* [*Диаметр*]: указать радиус или задать опцию *Д*

(*Specify radius of circle or* [*Diameter*]):

По умолчанию построение окружности производится путем указания центра и радиуса. Можно задать центр и диаметр, выбрав опцию *Д*(*D*).

**Упражнение 4**.Построить окружность по центру и радиусу.

1. Задайте команду *КРУГ*(*CIRCLE*) и ответьте на запросы команды:
   * задайте координаты центра 100, 90;
   * задайте радиус 50.

**Упражнение 5**.Построить окружность на концах отрезков как на диаметре.

1. Включите режим *ОРТО*(*ORTHO*).

2. Задайте команду *ОТРЕЗОК*(*LINE*) и постройте два параллельных отрезка.

3. Отключите режим *ОРТО*(*ORTHO*).

4. Включите объектную привязку *Ближайшая* (*Snap to Nearest*).

5*.* Вызовите команду *КРУГ*(*CIRCLE*) и ответьте на запросы команды:

* задайте ключ *2Т*(*2P*) – по двум точкам;
* укажите «мышью» точку на отрезке 1;
* укажите «мышью» точку на отрезке 2.

**Упражнение 6**.Построить окружность касательную к двум отрезкам.

1. Включите режим *ОРТО*(*ORTHO*).

2. Задайте команду *Отрезок*(*Line*) и постройте два перпендикулярных отрезка.

3. Отключите режим *ОРТО*(*ORTHO*).

## 4. Вызовите команду КРУГ(CIRCLE) и ответьте на запросы команды:

* задайте ключ *ККР*(*TTR*) – по двум касательным радиусу;
* укажите «мышью» на отрезки 1 и 2;
* задайте радиус окружности 30.

**ДУГА**

Команда ***ДУГА***(*ARC*) формирует дугу.

Задать команду можно одним из способов: в командной строке ввести ***ДУГА***(*ARC*); выбрать в строке меню ***Черчение***(*Draw*)⇒ ***Дуга***(*Arc*); щелкнуть мышью на соответствующей пиктограмме панели инструментов ***Черчение***(*Draw*).

Дуги можно строить различными способами. По умолчанию построение производится путем указания трех точек: *начальной*, *промежуточной* и *конечной*. Дугу можно также построить, задав *центральный угол*, *радиус*, *направление* или *длину хорды*. Хордой называется отрезок, соединяющий начало и конец дуги. По умолчанию дуга рисуется против часовой стрелки.

Опции команды ***ДУГА***(*ARC*):

* *Центр*(*Center*) – переход в режим построения дуги по центру. Опция задается путем ввода *Ц*(*C*);
* *Конец*(*End*) – переход в режим построения дуги по конечной точке. Опция задается путем ввода *К*(*E*);
* *Угол***(***Angle*) – переход в режим построения дуги по углу. Опция задается путем ввода *У*(*A*);
* *Длина хорды*(*chord Length*) ) – переход в режим построения дуги по длине хорды. Опция задается путем ввода *Д*(*L*);
* *Направление*(*Direction*) ) – переход в режим построения дуги по направлению касательной. Опция задается путем ввода *Н*(*D*);
* *Радиус*(*Radius*) – переход в режим построения дуги по радиусу. Опция задается путем ввода *Р*(*R*).

**Упражнение 7**.Построить дугу по трем точкам.

1. Установите область рисования равной 420×297;
2. Задайте команду *ДУГА*(*ARC*);
3. Отвечая на запросы команды, задайте следующие параметры:
   * координаты начальной точки (1): 30, 120;
   * координаты второй точки (2): 60, 150;
   * координаты конечной точки (3): 90, 120.

**Упражнение 8**. Построить дугу по начальной точке, центру и величине угла.

1. Вызовите команду *Дуга*(*Arc*) и ответьте на запросы команды:

* введите координаты начальной точки: 100,90;
* задайте опцию *Центр*(*Center*);
* введите координаты центра: 190,150;
* задайте опцию *Угол***(***Angle*);
* введите величину угла: 80°.

**Упражнение 9**.Построить дугу по двум точкам и радиусу.

1. Вызовите команду *Дуга*(*Arc*) и ответьте на запросы команды:

* введите координаты начальной точки: 80,50;
* задайте опцию *Конец*(*End*);
* введите координаты конечной точки: 50,80;
* задайте опцию *Радиус*(*Radius*) и введите значение радиуса дуги: 30.

(если R = 30 – дуга меньше 180°, если R = -30 – дуга больше 180°)

1. Создайте дугу, изменив значение радиуса на -30. Координаты точек остаются прежними.

**ПОЛИЛИНИЯ**

Команда ***ПЛИНИЯ***(*PLINE*) формирует полилинию, которая представляет собой связанную последовательность линейных и дуговых сегментов и обрабатывается системой как графический примитив. Можно задавать ширину или полуширину отдельных сегментов, сужать полилинию или замыкать ее.

Задать команду можно одним из способов: в командной строке ввести ***ПЛИНИЯ***(*PLINE*); выбрать в строке меню ***Черчение***(*Draw*)⇒ ***Плиния***(*Pline*); щелкнуть мышью на соответствующей пиктограмме панели инструментов ***Черчение***(*Draw*).

Запросы команды ***ПЛИНИЯ***(*PLINE*):

*Начальная точка*: указать начальную точку полилинии

(*Specify start point*):

*Следующая точка или*

[*Дуга/Замкнуть/Полуширина/длИна/Отменить/Ширина*]: указать точку или выбрать опцию

(*Specify next point or* [*Arc*/*Close*/*Halfwidth*/*Length*/*Undo*/*Width*]):

Опции:

* *Дуга*(*Arc*) – обеспечивает переход в режим дуг. Опция задается путем ввода *Д*(*A*);
* *Замкнуть*(*Close*) – замыкает полилинию отрезком. Опция задается путем ввода *З*(*C*);
* *Полуширина*(*Halfwidth*) – позволяет задать полуширину. Опция задается путем ввода *П*(*H*);
* *длИна*(*Length*) – задает длину сегмента, созданного как продолжение предыдущего в том же направлении. Опция задается путем ввода *И*(*L*);
* *Отменить*(*Undo*) – отменяет последний созданный сегмент. Опция задается путем ввода *О*(*U*);
* *Ширина*(*Width*) – позволяет задать ширину полилинии. Опция задается путем ввода *Ш*(*W*).

После задания опции *Дуга*(*Arc*) и перехода в режим дуг появляется следующий запрос:

*Конечная точка дуги или*

*[Угол/Центр/Замкнуть/Направление/Полуширина/Линейный/Радиус/Вт орая/Отменить/Ширина]:* указать конечную точку дуги или задать опцию

(*Specify endpoint of arc or*

[*Angle*/*CEnter*/CEnter/*CLose*/*Direction*/*Halfwidth*/*Line*/*Radius*/*Second Pt/Undo/Width*]):

Опции в режиме дуг:

* *Угол*(*Angle*) – ввести центральный угол. По умолчанию дуга создаётся против часовой стрелки. Отрицательное значение угла создаёт дугу по часовой стрелке. Опция задается путем ввода *У*(*A*);
* *Центр*(*CEnter*) – указать центр дуги. Опция задается путем ввода *Ц*(*CE*);
* *Замкнуть*(*Close*) – замыкает полилинию дугой. Опция задается путем ввода *З*(*C*);
* *Направление*(*Direction*) – задать направление касательной. Опция задается путем ввода *Н*(*D*);
* *Полуширина*(*Halfwidth*) – определить полуширину полилинии. Опция задается путем ввода *П*(*H*);
* *Линейный*(*Line*) – переход в режим построения отрезков. Опция задается путем ввода *Л*(*L*);
* *Радиус*(*Radius*) – ввести радиус дуги. Опция задается путем ввода *Р*(*R*);
* *Вторая*(*Second Pt*) – указать вторую точку дуги по трем точкам. Опция задается путем ввода *В*(*SP*);
* *Отменить*(*Undo*) – отменяет последнюю точку. Опция задается путем ввода *О*(*U*);
* *Ширина*(*Width*) – определить ширину полилинии. Опция задается путем ввода *Ш*(*W*).

**Упражнение 10**.Построить полилинию, изображенную на рис. 8.

1. Установите область рисования равной 420×297;
2. Задайте команду *ПЛИНИЯ*(*PLINE*);
3. Отвечая на запросы команды:
   * введите координаты начальной точки: 10, 100;
   * задайте опцию *Ш*(*W*) для установки ширины полилинии;
   * введите значения начальной и конечной ширины: 0.5;
   * введите координаты следующей точки: 40, 100;
   * задайте опцию *Д*(*A*) и перейдите в режим построения дуг;
   * задайте опцию *Н*(*D*) – направление касательной и введите

координаты: 70, 170;

* + введите координаты конечной точки дуги: 100,100
  + задайте опцию *Л*(*L*) и перейдите в режим построения

отрезков;

* + введите координаты следующей точки: 130, 100;
  + нажмите клавишу <*Enter*>, чтобы завершить команду.

****

Рис. 8. Полилиния, построенная из линейных и дугового сегментов

Дуговые сегменты полилинии можно задавать любым из способов, описанных для команды **ARC** (**ДУГА**)*.*

**Упражнение 11**.Построить ломаную (в виде стрелки) с установкой толщины линии.

1. Включите режим закрашивания.

2. Вызовите команду *ПЛИНИЯ*(*PLINE*) и ответьте на запросы команды:

* введите координаты начальной точки: 100,100;
* задайте опцию *Ширина*(*Width*);
* введите начальную и конечную ширину: 3;
* введите координаты второй точки: 180,150;
* задайте опцию *Ширина*(*Width*) ;
* введите начальную ширину: 16 и конечную ширину: 0;
* задайте опцию *Длина*(*Len*) и введите длину отрезка: 50;
* нажмите клавишу <Enter>, чтобы завершить команду.

**Упражнение 12**.Построить контур полилинией.

## 1. Вызовите команду ПЛИНИЯ(PLINE) и ответьте на запросы:

* введите координаты начальной точки: 80,150;
* задайте опцию *Ширина*(*Width*);
* введите начальную и конечную ширину: 1;
* введите координаты второй точки: 40,150;
* координаты третьей точки: 40,180;
* координаты четвёртой точки: 80,180;
* задайте опцию *Дуга*(*Arc*);
* введите координаты конечной точки дуги: 80,150;
* нажмите клавишу <*Enter*>, чтобы завершить команду.

**МНОГОУГОЛЬНИК**

Команда ***МН-УГОЛ*(***POLYGON***)** строит правильные двумерные многоугольники с числом сторон от 3 до 1024 иреализует три способа построения правильного многоугольника. Задав число сторон многоугольника, его можно построить:

* по центру и радиусу вписанной окружности;
* по центру и радиусу описанной окружности;
* по стороне.

Запросы команды ***МН-УГОЛ*(***POLYGON***)**:

*Число сторон* **<**4**>**: задается число сторон многоугольника

(*Number of sides* <4>):

*Сторона*/<*Центр многоугольника*>:

*(Edge*/<*Center of polygon*>):

Опции:

* *сторона*(*Edge***)** – задание одной стороны путем указания её конечных точек;
* *центр многоугольника*(*Center of polygon*) – задание центра многоугольника.

###### Если выбрать опцию *Сторона*(*Edge*), топоявится запрос:

*Первый конец стороны*: задаются коорд. начала

(*First endpoint of edge*):

*Второй конец стороны*:задаются коорд. конца

(*Second endpoint of edge*):

###### Если выбрать опцию *Центр многоугольника*(*Center of poligon*), топоявится запрос:

*Вписанный*/*Описанный вокруг круга* (*В*/*О*):

### (*Inscribed in circle*/*Circumscribed about circle* (*I*/*C*) <*I*>):

**Упражнение 13.** Построить вписанный многоугольник.

1. Вызовите команду *МН-УГОЛ*(*POLYGON*) и ответьте на запросы команды:

* число сторон многоугольника: 5;
* координаты центра: 50,120;
* задайте опцию *Вписанный*(*Inscribed in circle*);
* радиус окружности: 20.

**Упражнение 14.** Построить описанный многоугольник.

1. Вызовите команду *МН-УГОЛ*(*POLYGON*) и ответьте на запросы команды:

* число сторон многоугольника: 6;
* координаты центра: 100,120;
* задайте опцию *Описанный*(*Circumscribed about circle*);
* радиус окружности: 20.

**Упражнение 15.** Построить квадрат со стороной равной 100 единиц.

1. Вызовите команду *МН-УГОЛ*(*POLYGON*) и ответьте на запросы команды:

* число сторон многоугольника: 4;
* задайте опцию *Сторона*(*Edge*);
* координаты первой точки введите с помощью мыши;
* координаты второй конечной точки стороны: @100,0.

**ЭЛЛИПС**

Команда ***ЭЛЛИПС***(*ELLIPSE*), в зависимости от значения системной переменной ***PELLIPSE***, *строит эллипс как* *замкнутую полилинию, состоящую из коротких дуговых сегментов, или как эллипс.* Эллипс строится при значении переменной ***PELLIPSE***, равной 0, полилиния – при значении 1. По умолчанию построение эллипсов производится путем указания начала и конца первой оси, а также половины длины второй оси. Наиболее длинная из осей эллипса называется его большой осью, наиболее короткая – малой. Порядок определения осей может быть любым.

Запрос команды ***ЭЛЛИПС***(*ELLIPSE*) :

*Конечная точка оси эллипса или* [*Дуга*/*Центр*]: указать конечную точку или задать опцию

(*Specify axis endpoint of ellipse or* [*Arc*/*Center*]):

*Вторая конечная точка оси эллипса*: указать вторую конечную точку

(*Specify other endpoint of axis*):

*Длина другой оси или* [*Поворот*]: указать длину другой оси

(*Specify distance to other axis or* [*Rotation*]):

Опции:

*Дуга***(***Arc***) *–*** режим рисования эллиптических дуг.

*Центр*(*Center*) **–** указание центра эллипса.

**Упражнение 16**.Построить эллипс по конечным точкам первой оси и половине длины второй оси.

1. Вызовите команду *ЭЛЛИПС(ELLIPSE)* и ответьте на запросы команды:

* координаты точки 1 оси эллипса: 130,110;
* координаты точки 2 оси эллипса: 180,130;
* длина второй полуоси: 10.

**Упражнение 17.** Построить эллипс по центру и двум точкам.

1. Вызовите команду *ЭЛЛИПС*(*ELLIPSE*) и ответьте на запросы:

* задайте опцию *Центр*(*Center*);
* координаты центра эллипса: 130,120;
* координаты конечной точки 2 оси: 150,130;
* длина второй полуоси: 8.

**КОЛЬЦО**

Команда ***КОЛЬЦО*(***DONUT***)** формирует замкнутую полилинию ненулевой ширины, состоящую из дуговых сегментов. Команда запрашивает сначала внутренний диаметр, затем внешний, после чего просит указать центр кольца. Задав нулевой внутренний диаметр, можно получить закрашенные круги.

Запросы команды ***КОЛЬЦО*(***DONUT***)**:

*Внутренний диаметр кольца***<***по умолчанию***>**:указать внутренний диаметр

**(***Specify inside diameter of donut* **<***default***>)**:

*Внешний диаметр***<***по умолчанию***>**: указать внешний диаметр кольца

(*Specify outside diameter of donut* **<***default***>**):

*Центр кольца или* <*выход*>: указать координаты центра кольца

(*Specify center of donut or* <*exit*>):

Последний запрос выдается циклически. Для окончания следует нажать <*Enter*>. По умолчанию предлагаются диаметры последнего построенного кольца.

**Упражнение 18***.* Построить окружность с заданием толщины линии.

1. Задайте команду *ЗАКРАСИТЬ*(*FILL*) и установите режим *Вкл* (*ON*).

2. Задайте команду *КОЛЬЦО*(*DONUT*) и ответьте на запросы:

* внутренний диаметр кольца: 15;
* внешний диаметр кольца: 18;
* центр кольца: 50,20;
* нажмите клавишу <*Enter*> для выхода.

**Вопросы для самопроверки**

1. Какими общими свойствами обладают графические примитивы?

2. Опишите все способы вызова команд для создания примитивов.

3. Как нарисовать заполненную область (с закраской или без неё), и как зависит результирующая область от порядка задания точек?

4. Что собой представляет полоса? Поясните различия между командами*ПОЛОСА*(*TRACE*) и *ОТРЕЗОК* (*LINE*)?

1. С помощью какой команды можно нарисовать окружность с заданием

толщины линии?

1. Что такое полилиния? В каких двух режимах работает команда *ПЛИНИЯ*(*PLINE*)?
2. Какими способами можно построить эллипс?

Лабораторная работа № 4

Тема занятия: Редактирование чертежей в AutoCAD.

Команды редактирования позволяют вносить в чертеж различные изменения. Задать команду для редактирования можно одним из следующих способов: 1) непосредственно с клавиатуры в командной строке; 2) вызвав соответствующую команду из строки меню ***Изменить***(*Modify*); 3) щёлкнув соответствующую пиктограмму на панели инструментов ***Изменить***(*Modify*).

**Выбор объектов для редактирования**

Большинство команд редактирования AutoCAD предлагает пользователю указать объекты для работы с ними. Выбранная группа объектов называется *набором*.

Как только вызвана одна из команд редактирования, AutoCAD предлагает выбрать объекты. В командной строке появляется запрос:

*Выберите объекты*:

(*Select objects*):

При этом перекрестье курсора заменяется прицелом выбора. За­прос выдается циклически, выход из цикла возможен путем нажатия клавиши <*Enter*> иликлавиши <*Пробел*>. Выбор объектов можно производить с помощью: *устройства указания* (*точечный выбор*), *рамки* и *секрамки*.

*Рамка*(*Window*) – выбирает объекты, которые целиком попадают в *рамку*. По умолчанию в ответ на запрос *Выберите объекты*(*Select objects*): нужно указать первый угол рамки, а затем – второй угол в направлении слева направо.

*Секрамка***(***Crossing***) –** *секущая рамка* выбирает все объекты, которые находятся внутри или пересекают контур рамки. По умолчанию в ответ на запрос *Выберите объекты*(*Select objects*): нужно указать первый угол рамки, а затем – второй угол в направлении справа налево.

## Удаление и восстановление объектов

Для удаления (стирания) сформированного набора объектов используется команда ***СТЕРЕТЬ***(*ERASE*). Формирование набора объектов осуществляется одним из способов, рассмотренных выше.

Для восстановления, удаленных с помощью команды ***СТЕРЕТЬ***(*ERASE*) объ­ектов, используется команда ***ОТМЕНИТЬ***(*UNDO*) на панели инструментов ***Стандартная***(*Standard*).

**Упражнение 1**.Удалите и восстановите 2 отрезка ломаной линии, выбирая объекты двумя способами: рамкой и секущей рамкой.

**Перемещение набора объектов**

Команда ***ПЕРЕНЕСТИ***(*MOVE*) осуществляет перемещение набора объектов.

Запросы команды ***ПЕРЕНЕСТИ***(*MOVE*):

*Выберите объекты*: выбрать объекты и нажать клавишу *Enter*

(*Select objects*):

*Базовая точка или* [*Перемещение*] <*Перемещение*>: указать базовую точку, относительно которой предполагается смещение набора объектов или задать опцию *П*

(*Specify base point or* [*Displacement*])< *Displacement* >):

*Вторая точка или* <*считать перемещением первую точку*>: указать вторую точку перемещения

(*Specify second point or* [*use first point as displacement*]):

**Упражнение 2**. Перенести центр окружности в точку (200,150).

1. Создайте окружность с центром в точке (100,150*)* и радиусом 20;

2. Задайте команду *ПЕРЕНЕСТИ*(*MOVE*) и отвечая на запросы команды:

* выберите окружность и нажмите *Enter*;
* введите координаты базовой точки: 100, 150;
* введите координаты второй точки: 200, 150.

**Копирование набора объектов**

Команда ***КОПИРОВАТЬ***(*COPY*)осуществляет копирование созданных объектов.

Запросы команды ***КОПИРОВАТЬ***(*COPY*):

*Выберите объекты*: выбрать объекты и нажать клавишу *Enter*

(*Select objects*):

*Базовая точка или* [*Перемещение*] <*Перемещение*>: указать базовую точку, относительно которой предполагается копирование набора объектов или задать опцию *П*

(*Specify base point or* [*Displacement*])< *Displacement* >):

*Вторая точка или* <*считать перемещением первую точку*>: указать вторую точку размещения копии объектов или нажать *Enter* для завершения команды

(*Specify second point or* [*use first point as displacement*]):

**Упражнение 3**. Создать 3 окружности, центры которых расположены друг от друга на расстоянии 50 единиц (по оси X).

1. Создайте окружность с центром в точке (100,100) и радиусом 20;

2. Задайте команду*КОПИРОВАТЬ*(*COPY*) и отвечая на запросы команды:

* выберите окружность и нажмите *Enter*;
* введите координаты базовой точки: 100, 100;
* введите координаты второй точки (центр второй окружности): 150, 100;
* введите координаты второй точки (центр третьей окружности): 200, 100;
* нажмите *Enter* для выхода из команды.

## Поворот набора объектов

Команда  ***ПОВЕРНУТЬ*(***ROTATE***)** обеспечивает поворот набора объектов.

Запросы команды ***ПОВЕРНУТЬ*(***ROTATE***)**:

*Базовая точка*: указать координаты центра вращения;

(*Cpecify Base point*):

*Угол поворота или* [*Копия*/*Опорный угол*] <0>: указать угол поворота или задать опцию

(*Cpecify rotation angle or* [*Copy*/*Reference*] <0>):

Опции:

* *Копия*(*Copy*) – поворот и копирование объекта;
* *Опорный угол*(*Reference*) – поворот относительно заданного угла.

**Упражнение 4**. Повернуть созданный объект (квадрат) на 60°.

1. Создайте два произвольных квадрата.
2. Задайте команду *ПОВЕРНУТЬ***(***ROTATE***)** и ответьте на запросы:
   * выберите первый квадрат;
   * укажите базовую точку (левая нижняя вершина);
   * задайте угол поворота: 60.

3. Задайте команду *ПОВЕРНУТЬ***(***ROTATE***)** и ответьте на запросы команды:

* + выберите второй квадрат;
  + укажите базовую точку (левая нижняя вершина);
  + задайте опцию *Копировать*(*Copy*);
  + задайте опцию *Опорный угол*(*Reference*);
  + опорный угол: 80;
  + новый угол: 90.

#### Масштабирование набора объектов

Команда *МАСШТАБ*(*SCALE*)обеспечивают изменение размера суще­ствующих примитивов.

Запросы команды МАСШТАБ(SCALE):

*Базовая точка*:указать центр масштабирования;

(*Base point*):

*Масштаб или* *[Копия*/*Опорный отрезок*] <1.0000>: задать коэффициент масштабирования или опцию

(*Specify scale factor or* [*Copy*/ *Reference*] <1.0000>):

Опции:

* *Копия*(*Copy*) – создание копии выбранных объектов для масштабирования;
* *Опорный отрезок*(*Reference*) – масштабирование объектов относительно существующей и новой длины опорного отрезка.

**Упражнение 5**. Масштабирование относительно заданной точки.

1. Создайте квадрат, сторона которого равна 50 единиц.

2. Задайте команду *МАСШТАБ***(***SCALE***)** и ответьте на запросы:

* выберите квадрат;
* укажите центр масштабирования (левая нижняя вершина );
* задайте коэффициент 2, для увеличения квадрата в два раза.

**Упражнение 6**. Масштабирование по заданному опорному отрезку.

1. Постройте равносторонний треугольник сторона, которого равна 100 единиц. Для этого задайте команду *ОТРЕЗОК*(*LINE*) и ответьте на запросы:

* координаты первой точки: 50,50;
* координаты следующей точки: @100,0;
* координаты следующей точки: @100<120;
* задайте опцию *Замкнуть*.

2. Задайте команду *МАСШТАБ*(*SCALE*) и ответьте на запросы:

* выберите созданный треугольник;
* укажите базовую точку (левая вершина треугольника);
* задайте опцию *Копия*(*Copy*);
* задайте опцию *Опорный отрезок*(*Reference*);
* длина опорного отрезка: 100;
* новая длина: 80.

# Зеркальное отображение набора объектов

Команда ***ЗЕРКАЛО*(***MIRROR*) обеспечивает формирование зеркальных отражений существующих на рисунке объектов, удаляя или сохраняя при этом оригиналы. Команда работает в плоскости, параллельной **XY** текущей **UCS**.

Запросы команды ***ЗЕРКАЛО*(***MIRROR*):

*Первая точка оси отражения*:задать коорд. первой точки оси отражения

(*Specify first point of mirror line*):

*Вторая точка оси отражения*: задать коорд. второй точки оси отражения

(*Specify second point of mirror line*):

*Удалить исходные объекты*? [*Да*/*Нет*] <*Н*>: удалить или оставить исходные объекты

(*Delete source objects*? [*Yes*/*No*]<*N*>):

**Упражнение 7**. Создайте любой объект и получите его зеркальное отображение.

**Рисование подобных объектов**

Команда ***ПОДОБИЕ*(***OFFSET***)** строит объект, подобный существую­щему объекту с заданным смещением или «проходящий» через заданную точку с сохранением ориентации.

Запросы команды ***ПОДОБИЕ*(***OFFSET***)**:

*Укажите расстояние смещения или* [*Через*/*Удалить*/*Слой*] <*Через*>: указать величину смещения или задать опцию

(*Specify point on side to offset or* [*Through*/*Erase*/*Layer*] <*Through*>):

## Выберите объект для смещения или [Выход/Отменить] <Выход>: выбрать объект для создания подобных или задать опцию

(*Select object to offset or* [*Exit*/*Undo*]<*Exit*>):

## Укажите точку, определяющую сторону смещения, или [Выход/Несколько/Отменить]<Выход>: указать точку, через которую будет проходить смещенный объект

**(***Specify point on side to offset or* [*Exit*/*Multiple*/*Undo*] <*Exit*>**)**:

## Выберите объект для смещения или [Выход/Отменить] <Выход>: выбрать объект для создания подобных или задать опцию

(*Select object to offset or [Exit/Undo]* **<***Exit***>**):

**Упражнение 8**. Создать три концентрические окружности на расстоянии 15 единиц.

1. Создайте окружность с радиусом 30 единиц.

2. Задайте команду *ПОДОБИЕ*(*OFFSET*) и ответьте на запросы:

* величина смещения: 15;
* выберите созданный круг;
* укажите сторону смещения, щёлкнув мышкой внутри окружности;
* выберите первоначальный круг;
* укажите сторону смещения, щёлкнув мышкой за границей

окружности;

* нажмите клавишу *Enter* для завершения команды.

## Размножение объектов массивом

Команда ***МАССИВ*(***ARRAY***)** обеспечивает получение нескольких копий выбранных объектов, размещенных в прямоугольной или круговой структуре. Объекты, размещенные таким образом, называются прямоугольным или круговым массивом. Когда массив получен, каждым из составляющих его элементов можно манипулировать независимо от остальных.

После задания команды открывается диалоговое окно *Массив*(*Array*), где можно настроить следующие параметры:

* кнопка *Выбор объектов* (*Select objects*) служит для выбора элементов массива;
* режим установки значений ***Прямоугольный массив***(*Rectangular Array*):
  + в полях *Ряды*(*Rows*) и *Столбцы*(*Columns*) указывается количество рядов и столбцов массива;
  + в области *Расстояния и направление* (*Offset distance and direction*), в полях *Между рядами*: (*Row offset*:), *Между столбцами*: (*Columns offset*:), *Угол поворота*: (*Angle of array*:), задаются расстояния между рядами и столбцами массива, а также угол поворота элемента.
* режим установки значений ***Круговой массив***(*Polar Array*):
  + в строке *Центр*(*Center point*:), в полях *X*: и *Y*:, указываются координаты центра массива. Для того чтобы ввести центр при помощи мыши, следует воспользоваться кнопкой *Указать центр массива*(*Pick Center Point*);
  + в раскрывающемся списке *Способ построения*: (*Method*:) выбирается один из способов построения:
    - *Число элементов и Угол заполнения*;
    - *Число элементов и Угол между элементами*;
    - *Угол заполнения и Угол между элементами*.
* в зависимости от выбранного способа построения активизируются два поля из следующих трёх: *Число элементов*(*Total number of items*:), *Угол заполнения*(*Angle to fill*:), *Угол между элементами*(*Angle between items*:);
* установкой флажка *Поворачивать элементы массива* (*Rotate items as copied*) назначается поворот элемента массива вокруг своей оси.

**Упражнение 9**. Создать прямоугольный массив, состоящий из шести квадратов.

1. Создайте квадрат со стороной равной 20 единиц.
2. Задайте команду *МАССИВ***(***ARRAY***)** и в диалоговом окне *Массив*(*Array*) установите следующие параметры:

* выберите *Прямоугольный массив*(*Rectangular Array*);
* количество рядов: 2;
* количество столбцов: 3;
* расстояние между рядами: 30;
* расстояние между столбцами: 40;
* нажмите на кнопку *Выбрать объекты*(*Select objects*) и выберите созданный квадрат;
* нажмите на кнопку *OK*.

**Упражнение 10**. Создать круговой массив, состоящий из двадцати дуг.

1. Создайте дугу по трём точкам с координатами: (100,150); (120,200); (148,190).
2. Задайте команду *МАССИВ***(***ARRAY***)** и в диалоговом окне *Массив*(*Array*) установите следующие параметры:

* выберите *Круговой массив*(*Polar Array*;
* координаты центра массива: X=100, Y=150;
* в поле *Способ построения* (*Method*:) выберите *Число элементов и Угол заполнения*;
* число элементов: 20;
* угол заполнения: 360;
* установите флажок *Поворачивать элементы массива* (*Rotate items as copied*)
* нажмите на кнопку *Выбрать объекты*(*Select objects*) и выберите созданную дугу;
* нажмите на кнопку *OK*.

## Растягивание объектов

Команда ***РАСТЯНУТЬ*(***STRETCH***)** осуществляет *растягивание* объектов, сохраняя при этом связь с остальными частями рисунка. Формирование выбора объектов для команды должно производиться секущей рамкой, т.е. на запрос *Выберите объекты*(*Select objects*): нужно указать первый угол рамки, а затем – второй угол в направлении справа налево.

Запросы команды ***РАСТЯНУТЬ*(***STRETCH***)**:

*Базовая точка или* [*Перемещение*]: указать координаты базовой точки или задать опцию

(*Base point or* [*Displacement*]):

*Вторая точка или* <*считать перемещением первую точку*>: указать вторую точку перемещения

(*Specify second point or* [<*use first point as displacement*>]):

**Упражнение 11**. Перенести вниз на 140 единиц верхнюю вершину правильного пятиугольника, сторона которого равна 120 единиц.

1. Постройте правильный пятиугольник со стороной равной 120 единиц.
2. Задайте команду *РАСТЯНУТЬ*(*STRETCH*).
3. Выберите секрамкой верхнюю часть пятиугольника.
4. Укажите базовую точку (верхнюю вершину пятиугольника).
5. Укажите вторую точку перемещения: @0,-140.

Разбиение объекта на составные части

Для того чтобы разбить объект на части (на несколько объектов того же типа), в AutoCAD существует команда ***РАЗОРВАТЬ*(***BREAK***)**.

Запросы команды ***РАЗОРВАТЬ*(***BREAK***)**:

*Вторая точка разрыва или* [*Первая точка*]: указать вторую точку разрыва или выбрать опцию

(*Specify second break point or* [*First point]*):

Опции:

* *Первая точка*(*First point*) – если для выбора объекта используется прямое указание, то AutoCAD пред­полагает, что точка, используемая для выбора объекта, является точкой начала разрыва. Если это не так, то в ответ на запрос надо задать опцию *Первая точка*(*First point*).

**Упражнение 12**. Удалить ¼ часть окружности.

1. Создайте два перпендикулярных, пересекающихся отрезка и окружность с центром в точке пересечения. Окружность должна пересекать отрезки.
2. Задайте команду РАЗОРВАТЬ(BREAK) и ответьте на запросы команды:
   * выберите окружность;
   * задайте опцию *Первая точка*[*First point*];
   * укажите точку начала разрыва (точка пересечения на горизонтальной линии);
   * в направлении против часовой стрелки, укажите конечную точку разрыва (точка пересечения на вертикальной линии).

# Удалите отрезки.

# Обрезка объектов

Команда ***ОБРЕЗАТЬ*(***ТRIМ***)** обеспечивает частичное стирание отрезка, полосы, дуги и двумерной полилинии точно по режущей кромке.

Запросы команды ***ОБРЕЗАТЬ*(***ТRIМ***)**:

*Выберите режущие кромки* ...

(*Select cutting edges* …)

*Выберите объекты или* <*выбрать все*>: выбрать объекты, являющиеся режущей кромкой

(*Select objects or* <*select all*>)

*Выберите обрезаемый* (+*Shift* – *удлиняемый*) *объект или*

[*Линия выбора*/*пеРечеркивание*/*Проекция*/*Кромка*/*уДалить*/*Отменить*]: выбрать обрезаемый объект или опцию

(*Select object to trim or shift*-*select to extend or*

[*Fence*/*Crossing*/*Project*/*Edge*/*eRase*/*Undo*]):

Опции:

* *Проекция***(***Project***)** – определяет режим отсечения объектов по пересе­чению проекции объектов с границей в трехмерном пространстве:

*Ничего*(*None*) – отсечение только тех объектов, которые пересекаются с заданной границей;

*Пск***(***Ucs***)** – определение проекции объекта в плоскости ***XY*** текущей **UCS** и отсечение объекта, не пересекающегося с границей;

*Вид*(*View*) – определение проекции объекта в направлении заданного вида и отсечение объекта, не пересекающегося с границей.

* *Кромка*(*Edge*) – определяет режим поиска пересечения:

*Удлинять*(*Extend*) – отсечение объекта по воображаемой продолженной границе;

*He удлинять*(*No extend*) – отсечение объектов по границе, с которой они имеют пересечение.

**Упражнение 13**. Удалить те части окружности, которые расположены за пределами прямоугольника.

1. Создайте окружность, пересекающую прямоугольник.
2. Задайте команду *ОБРЕЗАТЬ***(***ТRIМ*) и ответьте на запросы:
   * выберите прямоугольник, который является режущей кромкой;
   * нажмите *Enter*, чтобы закончить выбор;
   * выберите для удаления части окружности;

3. Нажмите *Enter*, чтобы закончить выбор.

# Рисование скруглений

Команда ***СОПРЯЖЕНИЕ*(***FILLET***)** осуществляет плавное скругление (сопряжение) объектов дугой заданного радиуса. При указании объектов для сопряжения нельзя пользоваться рамкой или секрамкой.

Запросы команды ***СОПРЯЖЕНИЕ*(***FILLET***)**:

*Выберите первый объект или*

[*оТменить*/*полИлиния/раДиус/Обрезка*/*Несколько*]: выбрать первый объект или задать опцию

(*Select first object or* [*Undo*/*Polyline*/*Radius*/*Trim*/*Multiple*]):

*Выберите второй объект или нажмите клавишу Shift при выборе*,

*чтобы создать угол*: выбрать второй объект

(*Select second object*):

Опции:

* *полИлиния* **(***Polyline***)** – переход в режим сопряжения полилиний;
* *раДиус* **(***Radius***)** – позволяет задать радиус сопряжения, то есть радиус дуги, соединяющей сопрягаемые объекты;
* *Обрезка***(***Trim***) –** позволяет обрезать или нет сопрягае­мые концы по конечной точке дуги сопряжения.

**Упражнение 14**. Построить сопряжение (с радиусом, равным 10) в вершине треугольника.

1.Создайте треугольник.

2. Задайте команду *СОПРЯЖЕНИЕ***(***FILLET***)** и ответьте на запросы:

* задайте опцию *раДиус* **(***Radius***)** и введите значение 10;
* выберите первый отрезок;
* выберите второй отрезок.

# Снятие фасок

Команда ***ФАСКА*(***CHAMFER***)** «подрезает» два пересекающихся отрез­ка на указанном расстоянии от точки пересечения и соединяет концы от­резков новым линейным сегментом.

Запросы команды ***ФАСКА*(***CHAMFER***)**:

*Выберите первый отрезок или*

[*оТменить*/*полИлиния*/*Длина*/*Угол*/*Обрезка*/*Метод*/*Несколько*]: выбрать первый отрезок или задать опцию

(*Select first line or* [*Undo*/*Polyline*/*Distance*/*Angle*/*Trim*/*mEthod*/*Multiple*]):

*Выберите второй отрезок или нажмите клавишу Shift при выборе*, *чтобы создать*

*угол*: выбрать второй отрезок

(*Select second line or shift-select to apply corner*):

Опции:

* *полИлиния*(*Polyline*) **–** снятие фасок вдоль всей полилинии, то есть в каждом пересечении ее сегментов;
* *Длина***(***Distance***)** – производит "настройку" длины фаски. Длиной фаски называется расстояние между точкой реального или воображаемого пересечения объектов и точкой, до которой удлиняется или обрезается объект при снятии фаски. Значением первой длины по умолчанию является последняя заданная длина фаски. Значение второй длины по умолчанию совпадает со значением первой длины, так что стандартными являются симметричные фаски. Для определения размеров фаски выдаются запросы:
* *Угол***(***Angle***)** – позволяет задать длину для первой линии и угол относи­тельно первой линии для подрезания второй линии.
* *Обрезка***(***Trim***) –** позволяет определить, обрезать или нет линии до снятия фаски. Если обрезать, то первая линия отсекается на величину первого расстояния, вторая линия - на вели­чину второго.
* *Метод***(***Method***)** – позволяет выбрать один из методов задания размеров фасок: либо расстояниями, либо расстоянием и углом.

**Упражнение 15**. Снять фаски с прямоугольника.

1. Создайте прямоугольник.

2. Задайте команду *ФАСКА***(***CHAMFER***)** и ответьте на запросы:

* задайте опцию *Длина***(***Distance***)** и введите значение первой длины фаски, равное 10;
* введите значение второй длины фаски, равное 10;
* выберите два отрезка;
* создайте вторую фаску, аналогично первой.

###### Вопросы для самопроверки

1. Какими способами можно задать команду редактирования? Какой

запрос при­сутствует во всех командах редактирования? Какие способы выбора объектов вы знаете?

2. Какая команда обеспечивает перенос набора объектов?

3. Как осуществить копирование набора объектов? Можно ли создать не­сколько копий?

4. Можно ли масштабировать набор объектов, если неизвестен коэффициент масштабиро­вания?

5. Как построить симметричное изображение, сохранив первоначальное?

6. Как создать подобные объекты?

7. Как можно «вытянуть» объект?

8. Как осуществить отсечение объектов по границе?

9. Какая команда осуществляет скругление?

10. Как снять фаску?

11. Как можно «вытянуть» объект до границы?

**Лабораторная работа № 5**

**Тема работы**: Ввод трехмерных координат и просмотр трехмерных объектов в AutoCAD.

Работа в трехмерном пространстве представляет собой сочетание рисования, редактирования и установки видов и видовых экранов для изображения модели.

**Задание трехмерных координат**

Значение координат, независимо от способа ввода, всегда связано с некоторой системой координат. В трехмерном пространстве широко используются как абсолютные, так и относительные координаты, а также цилиндрические и сферические координаты, которые схожи с полярными координатами в двумерном пространстве. При работе в трехмерном пространстве значения координат ***x, y*** и ***z*** указывают либо в Мировой системе координат (*WCS*), либо в Пользовательской системе координат (*ПСК- UCS*).

Ввод *абсолютных координат* производится в следующих форматах:

* *прямоугольные* (декартовы) координаты;
* *цилиндрические* координаты;
* *сферические* координаты.

В *прямоугольных* (декартовых) координатах применяются три взаимно перпендикулярные оси: ***X***, ***Y*** и ***Z***. Значения координат откладываются от точки начала системы координат (0, 0, 0) с учетом направления (+ или – ).

*Цилиндрические* координаты имеют формат:

*расстояние1* < *угол*, *расстояние2*, где

*расстояние1* – длина проекции на плоскость ***XY*** вектора, начинающегося в начале координат; *угол* отсчитывается от оси ***Х*** до проекции вектора в плоскости ***XY***; *расстояние2* – число единиц вдоль оси ***Z***.

При создании отрезка с помощью цилиндрических координат его длина не вводится. Задаются длины двух сторон треугольника, по которым строится гипотенуза.

На рис. 9 показан отрезок, построенный в цилиндрических координатах, который начинается в точке (0,0,0) и проведен до точки 10<30,5. Здесь *расстояние1* = 10, *расстояние2 =* 5, *угол =* 35°.

**35 0**

**10< 35, 5**

**10**

**5**

**Z**

**Y**

**X**

Рис. 9. Отрезок, построенный с использованием цилиндрических координат

*Сферические* координаты имеют формат:

*расстояние* < *угол1* < *угол2*, где

*расстояние* – это длина вектора, начинающегося в начале координат; *угол1* отсчитывается от оси Х до проекции вектора в плоскости ***XY***, *угол2* отсчитывается от плоскости ***XY*** в направлении оси ***Z***.

На рис. 10 показан отрезок, построенный с использованием сферических координат из начальной точки (0,0,0) и проведенный до точки 12<35<27. Здесь *расстояние* = 12, *угол1 =* 35°, *угол2 =* 27°.

**Z**

**27 0**

**35 0**

**12< 35<27**

**Y**

**X**

**12**

Рис. 10. Отрезок, построенный с использованием сферических координат

*Относительные координаты* задают смещение от предыдущей точки построения. Для указания относительных координат некоторой точки необходимо перед вводом значений координат ввести символ «@». При вводе точек в относительных координатах можно использовать любой формат записи в абсолютных координатах: @*dx*, *dy*, *dz* – для декартовых;

@ *расстояние1* < *угол*, *расстояние2* – для цилиндрических; @*расстояние* < *угол1* < *угол2* – для сферических.

**Ввод координат**

Трехмерные декартовы координаты (**x, y, z**) вводятся аналогично двумерным координатам (**x, y**). Дополнительно к указанию координат по осям **X** и **Y** необходимо ввести еще и координату по оси **Z**. На самом деле в AutoCAD не существует двумерных координат, и их ввод означает, что отсутствующая координата **z** берется по умолчанию равной нулю. Ввод трехмерных координат с клавиатуры представляет собой ввод трех чисел через запятую.

**Упражнение 1.** Создайте каркасную модель (рис. 11) в виде коробки с открытой крышкой.

1. Установите область рисования равной 420×297;
2. Создайте прямоугольник длиной 30 единиц и шириной 15 единиц, который расположен на 10 единиц выше плоскости, образованной осями X и Y. Для этого задайте команду *Прямоугольник*(*Rectangle*) и в командной строке введите координаты для двух углов прямоугольника:

* координаты первого угла: 0, 0, 10;
* координаты второго угла: 30, 15.

1. Создайте копию прямоугольника, расположив на 5 единиц выше исходного. Для этого задайте команду*Копировать*(*Copy*) и последовательно ответьте на запросы команды:

* выберите прямоугольник;
* завершите выбор, нажав клавишу *Enter*;
* введите координаты базовой точки: 0, 0, 5;
* на запрос ввода координат второй точки нажмите *Enter*.

1. Теперь имеется два прямоугольника, но виден только один, поскольку мы смотрим на них сверху. Выполните команду меню *Вид*(*View*)⇒ *3D виды*(*3D views*)⇒ *ЮВ изометрия*(*SE isometric* *View*). Теперь видны оба прямоугольника.
2. Установите режим объектной привязки по конечной точке. Задание режима осуществляется в диалоговом окне *Режимы* *рисования*(*Drafting Settings*), которое загружается из строки меню *Сервис*(*Tools*)⇒*Режимы рисования*(*Drafting Settings*).
3. Задайте команду *Отрезок*(*Line*) и нарисуйте вертикальную линию между двумя вершинами верхнего и нижнего прямоугольников (для ввода координат используйте курсор).
4. Используя команду *Копировать*(*Copy*), создайте вертикальные линии между остальными вершинами прямоугольников.
5. Для создания крышки выполните следующие действия:

* задайте команду *Отрезок*(*Line*) и создайте отрезок, введякоординаты двух точек: (30,15,15) и(@15<90<110).
* скопируйте созданный отрезок в вершину с координатами

(0,15,15);

* проведите горизонтальную линию между верхнимиконцами двух созданных отрезков.

1. Сохраните полученный рисунок в своей папке.

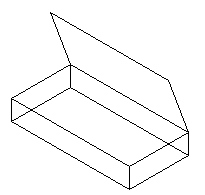


Рис. 11. Каркасная модель, созданная в упражнении 1

**Просмотр трехмерных моделей**

В AutoCADвсе геометрические объекты привязываются к глобальной прямоугольной абсолютной системе координат, которая называется *мировой системой координат* (MCK, *World Coordinate System*). Пользователь при желании может создавать собственную – *пользовательскую –* систему координат (ПСК) и сохранять ее на будущее. Комбинация пользовательских систем координат и различных направлений проецирования позволяет формировать и изменять любой трехмерный объект. Таким образом в пространстве модели сформированные объекты можно рассматривать с любой точки зрения.

*Точкой зрения (видом)* называется направление, задаваемое из трехмерной точки пространства на начало системы координат (рис. 12). AutoCADпозволяет взглянуть на рисунок из любой точки пространства.

**направление**

**взгляда**

**Z**

**Y**

**X**

**(0,0,0)**

Рис. 12. Определение точки зрения

*Замечание*: *все команды по работе с видами разрешается устанавливать только в пространстве модели, поскольку пространство листа всегда изображается в плане*.

Отправной точкой всегда служит вид в плане в мировой системе координат. Вид в плане – это вид сверху.

*AutoCAD*предлагает десять типовых направлений проецирования. Для выбора типового направления проецирования можно воспользоваться кнопками на панели инструментов ***Вид***(*View*) или командой меню ***Вид***(*View*)⇒ ***3D виды***(*3D views*), которая открывает дополнительное подменю типовых направлений проецирования.

Использование этих средств существенно облегчает работу, поскольку позволяет без труда перестраивать представление модели на экране. При установке любого из типовых направлений проецирования фактически используется команда ***ТЗРЕНИЯ***(*VPOINT*) с предустановленными значениями компонент ***X, Y*** и ***Z***. Длина любой компоненты может быть равна 1 или 0.

**Упражнение 2**.

1. Откройте файл (по указанию преподавателя), выполнив команду меню *Файл*(*File*)⇒ *Открыть*(*Open*). В файле изображен юго-восточный изометрический вид объекта.
2. Введите в командной строке *ucsortho* 0. Тем самым будет сброшена системная переменная *UCSORTHO*. Выключение этого режима предотвратит перенастройку параметров текущей ПСК при переключении на одну из шести типовых прямоугольных проекций (типовых точек зрения).
3. Для появления панели инструментов *Вид*(*View*) вызовите контекстное меню, щелкнув правой кнопкой мыши на любой панели инструментов, и в появившемся списке выберите *Вид*(*View*). На экране появится панель *Вид*(*View*).
4. Щелкните на кнопке *Верхний вид*(*Top View*) **** панели инструментов *Вид*(*View*) и получите вид сверху. Вид сверху – это вид в плане. Векторный эквивалент команды *ТЗРЕНИЯ*(*VPOINT*) – *(0, 0, 1)*.
5. Щелкните на кнопке *Нижний вид*(*Bottom View*) **** панели инструментов *Вид*(*View*) для получения вида снизу. Векторный эквивалент команды  *ТЗРЕНИЯ*(*VPOINT*) – *(0, 0, -1)*.
6. Нажмите кнопку *Левый вид*(*Front View*) **** панели инструментов *Вид* (*View*). Векторный эквивалент команды  *ТЗРЕНИЯ*(*VPOINT*)– *(-1, 0, 0)*.
7. Щелкните на кнопке *Правый вид*(*Right View*) **** панели инструментов *View* (*Вид*). Векторный эквивалент команды *ТЗРЕНИЯ*(*VPOINT*)– *(1, 0, 0)*.
8. Щелкните на кнопке *Передний вид*(*Front View*) **** панели инструментов *View* (*Вид*) для получения вида спереди (фасадный вид в архитектурных чертежах). Векторный эквивалент команды *ТЗРЕНИЯ*(*VPOINT*)– *(0, -1, 0)*.
9. Щелкните на кнопке *Задний вид*(*Back View*) **** панели инструментов *View* (*Вид*) для получения вида сзади. Векторный эквивалент команды *ТЗРЕНИЯ*(*VPOINT*)– *(0, 1, 0)*.
10. Щелкните по кнопке *Вид ЮЗ изометрии*(*SW Isometric View*) **** панели инструментов *View* (*Вид*). Юго-западный изометрический вид показывает модель по диагонали в трех измерениях. Изометрические виды идеальны для оценки взаимного расположения трехмерных объектов на чертеже. Векторный эквивалент команды *ТЗРЕНИЯ*(*VPOINT*)– *(-1, -1, 1)*.
11. Щелкните по кнопке *Вид ЮВ изометрии*(*SE Isometric View*) **** и получите юго-восточный изометрический вид. Здесь объект наблюдается с угла между видами справа, спереди и сверху. Векторный эквивалент команды *VPOINT* – *(1, -1, 1)*.
12. Щелкните по кнопке *Вид СВ изометрии*(*NE Isometric View*) **** панели инструментов *View* (*Вид*). Северо-восточный изометрический вид показывает модель из угла между правым, задним и верхним видами. Векторный эквивалент команды *ТЗРЕНИЯ*(*VPOINT*)– *(1, 1, 1)*.
13. Щелкните на кнопке *Вид СЗ изометрии*(*NW Isometric View*) **** панели инструментов View (Вид) – появится изображение модели сзади сбоку. Векторный эквивалент команды *ТЗРЕНИЯ*(*VPOINT*)– *(-1, 1, 1)*.
14. Выберите *Вид*(*View*)⇒ *3D виды*(*3D Views*)⇒ *Стандартные точки зрения*(*View Point Presets*), чтобы открыть диалоговое окно *Задание точки* зрения(*View Point Presets*) (рис. 13). Данное окно используется для настройки видов, если стандартных видов недостаточно.

Поле в левой части окна служит для задания угла азимута – угла между проекцией вектора направления проецирования на плоскость ***XY*** и осью ***Х***. При этом принят следующий порядок соответствия углов и типовых видов:

270°– вид спереди; 0° – вид справа; 90° – вид сзади; 180° – вид слева.

Другие углы направлений проецирования рассматриваются как промежуточные между этими основными.

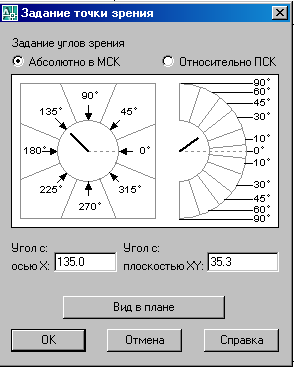


Рис. 13. Диалоговое окно *Задание точки зрения* (*View Point Presets*)

В правой части диалогового окна находятся поля для задания угла от плоскости ***XY*** в направлении ***Z***.

Под круговыми шкалами находятся текстовые поля, в которых отражается текущий выбор. Можно просто вводить искомые значения углов в эти поля.

1. Установите в диалоговом окне *Задание точки зрения*(*View Point Presets*) на левой шкале значение угла от оси ***X*** равным 315°, щелкнув на отметке 315. Установите на правой шкале значение угла от плоскости ***XY*** равным 60°, щелкнув на сегменте в верхней части, к которому идет выноска из числа 60. Щелкните на кнопке *ОК*. Вид будет подобен юго-восточному изометрическому, но из точки немного выше типовой.
2. Повторите предыдущую команду меню. В поле *Угол с осью X* (*X Axis*) введите 240. В поле Угол *с плоскостью XY*(*XY Plane*) введите 5. Щелкните на кнопке *ОК*. Будет представлен вид на объект из точки, чуть приподнятой над землей.
3. В командную строку введите *СКРЫТЬ*(*HIDE*). Данная команда выполняет скрытие тех линий, которые на реальных изображениях объекта не видны.

**Работа с трехгранником осей и компасом**

Существует еще один способ определения видов с помощью команды ***ТЗРЕНИЯ***(*VPOINT*), выбор которой осуществляется из меню ***Вид***(*View*)⇒ ***3D виды***(*3D* *Views*)⇒ ***Точка зрения***(*Vpoint*). В результате будут показаны тройка осей и компас (рис. 14).

**компас**

**Z**

**Y**

**X**

**тройка осей**

**+**

Рис. 14. Трехгранник осей и компас

Если двигать курсор, то стрелка внутри компаса и оси трехгранника будут тоже двигаться.

Перекрестие на компасе представляет оси ***X*** и ***Y***. Если поместить курсор на оси ***X*** в области положительных значений, то объект будет виден с правой стороны. Положение курсора на отрицательной полуоси ***Y*** дает вид спереди; положение на отрицательной полуоси ***X*** – вид слева; положение на положительной полуоси ***Y*** – вид сзади.

Расположив курсор в выбранной позиции, следует щелкнуть кнопкой мыши. Модель на экране будет изображена в том виде, который открывается из заданной точки зрения.

**Упражнение 3**.

1. Выберите команду *Вид*(*View*)⇒ *3D виды*(*3D Views*)⇒ *Точка зрения*(*VPOINT*). Укажите метку 1, показанную на рис. 15. В результате получите вид спереди, но не совсем точный.

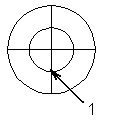


Рис. 15. Выбор на компасе вида спереди

1. Еще раз вызовите трехгранник осей и компас. Укажите точку, показанную крестиком на рис. 16. Получите изображение модели объекта слева сзади снизу. В командную строку введите команду *СКРЫТЬ*(*HIDE*) для скрытия невидимых линий.

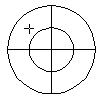


Рис. 16. Выбор направления проецирования слева сзади снизу

1. Выберите команду *Вид*(*View*)⇒ *3D виды*(*3D Views*)⇒ *Точка зрения*(*VPOINT*). Укажите на компасе точку, показанную крестиком на рис. 17. Выполните команду *СКРЫТЬ*(*HIDE*), чтобы посмотреть на результат. На этот раз получите вид сверху спереди слева.



Рис. 17. Направления проецирования для шага 3

**Использование команды 3DОРБИТА(3DOrbit)**

Команда **3*DОРБИТА***(3*DOrbit*) позволяет пользователю рассматривать пространственную модель, «перемещаясь» вокруг нее. Точка цели в команде **3*DОРБИТА***(3*DOrbit*) остается неподвижной, а положение камеры (т.е. наблюдателя) перемещается относительно нее. Запуск команды осуществляется вызовом меню ***Вид***(*View*)⇒ ***Орбита***(*3D Orbit*). После этого на экране вокруг изображения выведенных объектов появляется координатный шар.

В режиме 3*DОРБИТА*(3*DOrbit*) *AutoCAD* по-разному реагирует на манипуляции курсором в разных областях поля чертежа. При переходе из одной области в другую форма курсора изменяется, и таким способом система извещает пользователя, как именно она будет реагировать на дальнейшие перемещения курсора с нажатой кнопкой выбора. Режимов поведения курсора четыре, а все видимое поле чертежа разбито элементами координатного шара на шесть областей. Пока команда 3*DОРБИТА*(3*DOrbit*) активна, редактирование объектов невозможно.

В ходе выполнения команды 3*DОРБИТА*(3*DOrbit*) доступ к ее опциям возможен через контекстное меню (оно вызывается нажатием правой кнопки мыши в области рисования).

Нажатие на клавишу *Esc* или *Enter* приводит к выходу из режима 3*DОРБИТА*(3*DOrbit*).

**Упражнение 4**.

1. Откройте файл (по указанию преподавателя), выполнив команду меню *Файл*(*File*)⇒ *Открыть*(*Open*). На экране появится трехмерная модель объекта, представленная в северо-восточной изометрической проекции.
2. Задайте команду меню *Вид*(*View*)⇒ *Орбита*(*3D Orbit*)⇒ *Свободная орбита*(*Free Orbit*). На экране появится координатный шар.
3. Передвиньте курсор во внешнюю область координатного шара – он примет вид круговой стрелки. Нажмите кнопку мыши и протащите курсор вокруг области координатного шара, сделав полный оборот.
4. Теперь передвиньте курсор в правый маленький кружок на границе координатного шара. Курсор примет вид эллипса, вытянутого по горизонтали. Протащите курсор влево через внутреннюю область координатного шара до левого маленького кружка. Отпустите кнопку мыши.
5. Переместите курсор во внутреннюю область координатного шара, и форма курсора соответственно изменится. Подвигайте теперь курсор с нажатой кнопкой мыши в разных направлениях. Попробуйте в этом режиме вернуть исходное положение изображения объекта.
6. Щелкните правой кнопкой мыши и выберите *Другие режимы навигации*(*3D Navigation*)⇒ *Непрерывная орбита*(*Continuous Orbit*) из контекстного меню. Немного протащите курсор в направлении справа налево и отпустите кнопку мыши. Поэкспериментируйте с изменением направления вращения.
7. Щелкните правой кнопкой мыши и выберите *Другие режимы навигации*(*3D Navigation*)⇒ *Свободная орбита*(*Free Orbit*) из контекстного меню. Вращение прекратится.
8. Щелкните правой кнопкой мыши и выберите *Восстановить вид* (*Reset View*) из контекстного меню. Изображение объекта должно восстановиться в том виде, какой оно имело перед началом всех наших экспериментов.
9. Щелкните правой кнопкой мыши и выберите *Другие режимы навигации*(*3D Navigation*)⇒ *Панорамирование*(*Pan*) из контекстного меню. Курсор мыши примет форму ладони. Установите его в любом месте чертежа, нажмите кнопку мыши и потяните в каком-либо направлении. Изображение потянется за курсором. Отпустите кнопку, переместите курсор снова на поле чертежа и повторите процедуру. Таким образом передвиньте изображение объекта немного вправо.
10. Щелкните правой кнопкой мыши и выберите *Другие режимы навигации*(*3D Navigation*)⇒ *Зумирование*(*Zoom*) из контекстного меню. Вид указателя мыши изменится – он примет форму лупы, с одной стороны которой имеется знак "+" (плюс), а с другой – "-" (минус). Эти знаки указывают, в какую сторону перемещать курсор для увеличения или уменьшения масштаба изображения. Слегка измените масштаб изображения на экране.
11. Щелкните правой кнопкой мыши и выберите *Стандартные виды*(Preset *Views*)⇒ *С3* изометрия(*NW* *Isometric*) из контекстного меню.
12. Нажмите клавишу *Esc*, тем самым завершив эксперименты с режимом 3*DОРБИТА*(3*DOrbit*).

**Вопросы для самопроверки**

1. Как задаются абсолютные и относительные цилиндрические и сферические координаты?
2. Каким образом осуществляется просмотр трехмерных объектов с помощью инструментов панели *Вид*(*View*)?
3. Как с помощью компаса и трехгранника выполнить выбор направления проецирования трехмерных объектов?
4. Как, используя инструмент 3*DОРБИТА*(3*DOrbit*), просматривать модели объектов путем их вращения?

**Лабораторная работа № 6**

**Тема работы:** Создание пространственных моделей: каркасные, поверхностные.

AutoCAD поддерживает три типа трехмерных моделей:

* Каркасные;
* Поверхностные;
* Твердотельные.

# Построение каркасных моделей

Каркасная модель представляет собой скелетное описание объекта. Она не имеет граней и состоит только из точек, отрезков и кривых, описывающих ребра объекта. AutoCAD предоставляет возможность создавать каркасные модели путем размещения плоских объектов в любом месте трехмерного пространства.

**Упражнение 1.**  Построить проволочную модель параллелепипеда с длиной 5 мм, шириной 3 мм и высотой 10 мм.

1. Создайте новый файл рисунка;
2. Установите область рисования равной 10 × 10;
3. Установите, используя компас, точку зрения;
4. Задайте команду*Отрезок (LINE)*;
5. Создайте сегменты ломаной линии, последовательно задавая координаты вершин параллелепипеда: (0, 0, 0); (5, 0, 0); (5,3,0); (0,3,0); (0,0,0); (0,0,10); (5,0,10); (5,3,10); (0,3,10); (0,0,10).
6. Замкнув обход вершин на последней вершине параллелепипеда, нажмите клавишу *Enter*;
7. Соедините линиями следующие вершины параллелепипеда:

(5, 0, 0) – (5, 0, 10); (5, 3, 0) – (5, 3, 10); (0, 3, 0) – (0, 3, 10). Каждое соединение завершайте нажатием клавиши *Enter*;

1. Сохраните рисунок в своей рабочей папке.

## Построение поверхностей

Моделирование с помощь поверхностей – более сложный процесс, так как здесь описываются не только ребра трехмерного объекта, но и его грани. В пакете AutoCAD поверхности строятся на базе многоугольных сетей. Так как грани сети плоские, представление криволинейной поверхности производится путем аппроксимации.

Сеть представляет собой модель поверхности объекта, состоящую из плоских граней. Плотность сети (число ее граней) задается матрицей ***M*×*N***, подобно сетке состоящей из***M*** рядов и ***N*** столбцов. Для сети значения ***M*** и ***N*** определяют, соответственно, ряд и столбец каждой вершины. Сети можно задавать как в плоскости, так и в пространстве; однако на практике чаще всего используется плоскостной вариант.

Моделирование объектов с помощью сетей применяется в тех случаях, когда можно игнорировать их физические свойства, такие как масса, вес, центр масс, которые сохраняются только в твердотельных моделях, но при этом желательно иметь возможность подавления скрытых линий, раскрашивания и тонирования (эти средства неприменимы к каркасным моделям). Сети имеет смысл применять также при создании нестандартных сетеобразных моделей.

**Стандартная трехмерная сеть**

Сети выглядят так же, как и каркасные модели, до тех пор пока к ним неприменены операции подавления скрытых линий, раскрашивания и тонирования. С помощью команды ***3М***(*3D)* можно создавать трехмерные сети в форме параллелепипедов, конусов, куполов, пирамид, сфер, торов и клинов.

Ввод команды**: *3М****(3D)*

Опции команды ***3М***(*3D)*:

***Ящик/КОнус/ЧАша/КУпол/СЕть/Пирамида/СФера/Тор/КЛин*:**

(*Box/Cone/DIsh/DOme/ Mesh/Pyramid/Sphere/Torus/Wedge*):

***Ящик*** (*Box*) **–** построение трехмерной сети в форме параллелепипеда (куба).

Запросы:

*Угловая точка ящика*: ввести координаты базовой точки

(*Specify corner point of box*):

*Длина ящика*: задать длину

(*Specify length of box*):

*Ширина ящика или* [*Куб*]: задать ширину или задать опцию *Куб*

(*Specify width of box or* [*Cube*]):

Опция:

* *Куб* (*Сube*) **–** формирует куб со стороной, равной заданной длине. Опция задается путем ввода *К* (*C*).

*Высота ящика*: задать высоту

(*Specify height of box*):

*Угол поворота ящика вокруг оси Z или* [*Опорный угол*]: задать угол или

выбрать опцию *О*(*R*)

(*Specify rotation angle of box about the Z axis or* [*Reference*]):

**Упражнение 2**.Построить фигуру с использованием параллелепипеда и куба.

1. Создайте новый файл рисунка;
2. Установите область рисования равной 420×297;
3. Задайте команду *3М* (*3D*) и введите опцию *Ящик* (*Box*);
4. Установите базовую точку: 100, 100, 0;
5. Задайте длину: 100, ширину: 200, высоту: 200;
6. Угол поворота: 30;
7. Задайте команду *3М* (*3D*) и введите опцию *Ящик* (*Box*);
8. Введите координаты базовой точки: 100, 100, 0;
9. Задайте длину: 100;
10. Для построения куба введите опцию *Куб* (*Сube*);
11. Угол поворота: -60;
12. Установите точку зрения *ЮЗ изометрия* (*SW Isometric*);
13. Сохраните рисунок в своей рабочей папке.

***Конус***(*Cone*) – построение трехмерной сети в форме конуса.

Запросы:

*Центральная точка нижнего основания конуса*: ввести координаты

(*Specify center point for base of cone*):

*Радиус нижнего основания конуса или* [*Диаметр*]: задать радиус или

выбрать опцию *Диаметр*

(*Specify radius for base of cone or* [*Diameter*]):

Опция:

* *Диаметр* (*Diameter*) – задание диаметра нижнего основания конуса. Опция выбирается путем ввода *Д* (*D*).

*Радиус верхнего основания конуса или* [*Диаметр*] <0>: задать радиус или

выбрать опцию *Диаметр*. При значении радиуса 0 строится полный конус. При значении радиуса, большем 0, строится усеченный конус.

(*Specify radius for top of cone or* [*Diameter*] <0>):

Опция:

* *Диаметр* (*Diameter*) – задание диаметра верхнего основания конуса. Опция выбирается путем ввода *Д* (*D*).

*Высота конуса*: задать высоту

(*Specify height of cone*):

*Число сегментов поверхности конуса* <16>: ввести значение или нажать

клавишу *Enter*. Величина в угловых скобках указывает параметр, задаваемый по умолчанию, и его текущее значение.

(*Enter number of segments for surface of cone* <16>):

**Упражнение 3.** Построить фигуру с использованием усеченных конусов (рис. 18).

1. Создайте новый файл рисунка.
2. Установите область рисования равной 40×40;
3. Задайте команду *3М* (*3D*) и введите опцию *Конус* (*Cone*);
4. Последовательно введите следующие значения:
   * точка центра нижнего основания: 20,20,0;
   * радиус нижнего основания: 20;
   * радиус верхнего основания: 10;
   * высота: 10;
   * кол-во сегментов: 20.
5. Задайте команду *3М* (*3D*) и введите опцию *Конус* (*Cone*);
6. Последовательно введите следующие значения:

* точка центра нижнего основания: 20, 20,10;
* радиус нижнего основания: 10;
* радиус верхнего основания: 10;
* высота: 10;
* кол-во сегментов: 40.

1. Установите точку зрения *ЮЗ изометрия* (*SW Isometric*) ;
2. Сохраните файл с полученным изображением в своей папке.

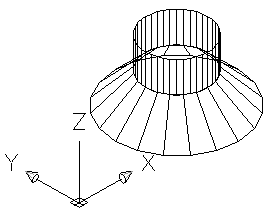


Рис. 18. Фигура, построенная с использованием усеченных конусов

***Чаша*** (*Dish*) – построение поверхности нижней полусферы.

Запросы:

*Центральная точка чаши*: ввести координаты точки

(*Specify center point of dish*):

*Радиус чаши или* [*Диаметр*]: задать радиус или выбрать опцию *Диаметр*

(*Specify radius of dish or* [*Diameter*]):

Опция:

* *Диаметр* (*Diameter*) – задание диаметра полусферы. Опция выбирается путем ввода *Д* (*D*).

*Число сегментов поверхности по долготе для чаши* <16>: ввести

значение или нажать клавишу *Enter*

(*Enter number of longitudinal segments for surface of dish* <16>):

*Число сегментов поверхности по широте для чаши* <8>: ввести значение

или нажать клавишу *Enter*

(*Enter number of latitudinal segments for surface of dish* <8>):

**Упражнение 4.** Построить фигуру с использованием нижней полусферы и усеченного конуса (рис. 19).

1. Создайте новый файл рисунка;
2. Установите область рисования равной 50×50;
3. Задайте команду *3М* (*3D*) и введите опцию *Чаша* (*Dish*);
4. Последовательно введите следующие значения:
   * центральная точка чаши: 20, 20, 15;
   * радиус чаши: 15;
   * число сегментов по долготе: 20;
   * число сегментов по широте: 20.
5. Задайте команду *3М* (*3D*) и введите опцию *Конус* (*Cone*);
6. Последовательно введите следующие значения:

* точка центра нижнего основания: 20, 20, 0;
* радиус нижнего основания: 15;
* радиус верхнего основания: 15;
* высота: 15;
* кол-во сегментов: 30.

1. Установите точку зрения *ЮЗ изометрия* (*SW Isometric*);
2. Сохраните файл с полученным изображением в своей папке.

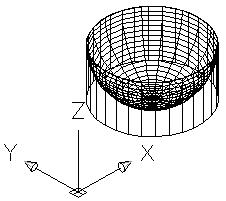


Рис. 19. Фигура, построенная в упражнении 4

***Купол*** (*Dome*) – построение поверхности верхней полусферы.

Все запросы и опции для построения верхней полусферы аналогичны построению нижней полусферы.

**Упражнение 5.** Построить фигуру с использованием верхней полусферы.

1. Создайте новый файл рисунка;
2. Установите область рисования равной 50×50;
3. Задайте команду *3М* (*3D*) и введите опцию *Купол* (*Dome*);
4. Последовательно введите следующие значения:
   * центральная точка купола: 10, 10, 20;
   * радиус купола: 15;
   * число сегментов по долготе: 30;
   * число сегментов по широте: 30.
5. Для просмотра установите любую точку зрения;

6. Сохраните файл с полученным изображением в своей папке.

***Пирамида*** (*Pyramid*) **–** построение пирамиды или тетраэдра.

Запросы:

*Первая угловая точка основания пирамиды*: ввести координаты

(*Specify first corner point for base of pyramid*):

*Вторая угловая точка основания пирамиды*: ввести координаты

(*Specify second corner point for base of pyramid*):

*Третья угловая точка основания пирамиды*: ввести координаты

(*Specify third corner point for base of pyramid*):

*Четвертая угловая точка основания пирамиды или* [*Тетраэдр*]: ввести

координаты четвертой точки или выбрать опцию *Тетраэдр*

(*Specify fourth corner point for base of pyramid or* [*Tetrahedron*]):

Опция:

* *Тетраэдр* (*Tetrahedron*) – позволяет построить тетраэдр. Опция выбирается путем ввода *Т* (*T*).

После задания *четвертой точки основания*, следует запрос:

*Точка вершины пирамиды или* [*Ребро*/*Верх*]: ввести координаты вершины или выбрать опцию

(*Specify apex point of pyramid or* [*Ridge*/*Top*]):

Опции:

* *Ребро* (*Ridge*) – формирует пирамиду; для этого необходимо задать боковые грани, указав две конечные точки линии ребра. Опция выбирается путем ввода *Р*(*R*).
* *Верх* (*Top*) – формирует пирамиду; для этого необходимо задать ее верхнее основание, указав четыре вершины. Опция выбирается путем ввода *В* (*T*).

После задания опции *Ребро* (*Ridge*), следуют запросы:

*Первая конечная точка ребра пирамиды*: ввести координаты

(*Specify first ridge end point of pyramid*):

*Вторая конечная точка ребра пирамиды*: ввести координаты

(*Specify second ridge end point of pyramid*):

После задания опции *Верх* (*Top*), следуют запросы:

*Первая угловая точка верха пирамиды*: ввести координаты

(*Specify first corner point for top of pyramid*):

*Вторая угловая точка верха пирамиды*: ввести координаты

(*Specify second ridge end point of pyramid*):

*Третья угловая точка верха пирамиды*: ввести координаты

(*Specify third corner point for top of pyramid*):

*Четвертая угловая точка верха пирамиды*: ввести координаты

(*Specify fourth corner point for top of pyramid*):

После задания опции *Тетраэдр* (*Tetrahedron*), следует запрос:

*Точка вершины тетраэдра или* [*Верх*]: ввести координаты вершины или выбрать опцию *Верх*

(*Specify apex point of Tetrahedron or* [*Top*]):

Опция:

* *Верх* (*Top*) – формирует пирамиду; для этого необходимо задать её верхнее основание, указав три вершины. Опция выбирается путем ввода *В* (*T*).

**Упражнение 6.** Построить тетраэдр с заданными параметрами.

1. Создайте новый файл рисунка;
2. Установите область рисования равной 50×50;
3. Задайте команду *3М* (*3D*) и введите опцию *Пирамида* (*Pyramid*);
4. Последовательно введите следующие значения:

* первая точка: 10, 30, 0;
* вторая точка: 10, 0, 0;
* третья точка: 30, 10, 0.

1. Выберите опцию *Т* (*T*) и введите координаты вершины: 40,40,20;
2. Для просмотра установите любую точку зрения;
3. Сохраните файл с полученным изображением в своей папке.

***Сфера*** (*Sphere*) – построение поверхности сферы.

Запросы:

*Центральная точка сферы*: ввести координаты

(*Specify center point of sphere*):

Все остальные запросы и опции аналогичны построению верхней и нижней полусферы.

**Упражнение 7.** Построить сферу с заданными параметрами.

1. Создайте новый файл с размером поля рисунка 50×50;
2. Задайте команду *3М* (*3D*) и выберите опцию *Сфера* (*Sphere*);
3. Введите последовательно параметры сферы:
   * центральная точка: 20, 0, 20;
   * радиус сферы: 15;
   * число сегментов по долготе: 30;
   * число сегментов по широте: 30.
4. Установите любое направление взгляда;
5. Сохраните рисунок в своей рабочей папке.

***Тор*** (*Torus*) **–** построение поверхности тора (рис. 20).

Запросы:

*Центр тора*: ввести координаты

(*Specify center point of torus*):

*Радиус тора или* [*Диаметр*]: задать радиус или выбрать опцию *Диаметр*.

Радиус тора измеряется от его центра до внешнего края.

(*Specify radius of torus or* [*Diameter*]):

Опция:

* *Диаметр* (*Diameter*) – задание диаметра тора. Опция выбирается путем ввода *Д* (*D*).

*Радиус полости или* [*Диаметр*]: задать радиус или выбрать опцию *Диаметр*. Радиус полости измеряется от ее центральной оси до внешнего края.

(*Specify radius of tube or* [*Diameter*]):

Опция:

* *Диаметр* (*Diameter*) – задание диаметра полости тора. Опция выбирается путем ввода *Д* (*D*).

*Число сегментов по окружности полости* <16>: ввести значение или нажать клавишу *Enter*

(*Enter number of segments around tube circumference* <16>):

*Число сегментов по окружности тора* <16>: ввести значение или нажать клавишу *Enter*

(*Enter number of segments around torus circumference* <16>):

**радиус полости**

**радиус тора**

**центр тора**

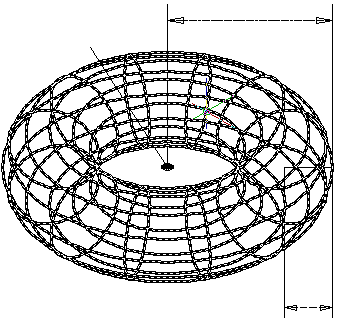


Рис. 20. Поверхность тора

**Упражнение 8.** Построить тор по заданным параметрам.

1. Создайте новый файл рисунка;
2. Установите область рисования равной 50×50;
3. Задайте команду *3М* (*3D*) и введите опцию *Тор* (*Torus*);
4. Последовательно введите следующие значения:

* центр тора: 40, 0, 40;
* радиус тора: 40;
* радиус полости: 10;
* сегменты по окружности полости: 30;
* сегменты по окружности тора: 30.

1. Для просмотра установите любую точку зрения.

***Клин*** (*Wedge*) – построение прямоугольного клина с наклонной гранью.

Запросы:

*Угловая точка клина*: ввести координаты угловой точки клина

(*Specify corner point of wedge*):

*Длина клина*: задать длину основания клина

(*Specify length of wedge*):

*Ширина клина*:задать ширину основания клина

(*Specify width of wedge*):

*Высота клина*: задать высоту клина

(*Specify height of wedge*):

*Угол поворота клина вокруг оси Z*: задать значение угла

(*Specify rotation angle of wedge about the Z axis*):

**Упражнение 9.** Построить клин по заданным параметрам.

1. Создайте новый файл рисунка;
2. Установите область рисования равной 50×50;
3. Задайте команду *3М* (*3D*) и введите опцию *Клин* (*Wedge*);
4. Последовательно введите следующие значения:

* угловая точка: 20, 0, 20;
* длина: 40;
* ширина: 30;
* высота: 40;
* угол поворота: 0.

1. Для просмотра установите любую точку зрения;
2. Сохраните файл с полученным изображением в своей папке.

### Сеть в виде поверхности соединения

Сеть в виде поверхности, соединяющей два объекта, строится с помощью команды ***П-СОЕД***(*RULESURF*). Два указанных объекта определяют кромки сети соединения. Ими могут быть точки, отрезки, сплайны, дуги, круги или полилинии. Если одна граница замкнута, то и другая граница также должна быть замкнутой. Одной из границ может быть точка, а другой разомкнутая или замкнутая кривая, однако точкой может быть только один из определяющих объектов. Отсчет вершин начинается с конечных точек кривых, ближайших к точкам их указания.

Сеть соединения строится в виде многоугольной сети 2×N. Команда ***П-СОЕД***(*RULESURF*) размещает половину вершин сети с равными интервалами вдоль одной определяющей кривой, а остальные вершины – с равными интервалами вдоль другой кривой. Число интервалов определяется системной переменной *SURFTAB1*. Оно одинаково для обеих кривых, поэтому, если длины определяющих кривых различны, расстояние между вершинами на них будет разным.

Полигональная сеть создается путем выбора объектов в одинаковых концах (рис. 21).

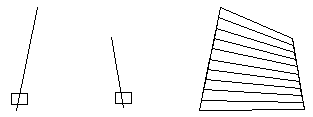


Рис. 21. Полигональная сеть, созданная из двух отрезков

Самопересекающаяся полигональная сеть создается путем выбора объектов в разных концах (рис. 22).

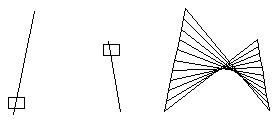


Рис. 22. Самопересекающаяся полигональная сеть, созданная из двух отрезков

Задание команды: в командной строке ввести ***П-СОЕД***(*RULESURF*) или выбрать в строке меню ***Черчение***(*Draw*)⇒ ***Моделирование***(*Modeling*)⇒ ***Сеть***(*Meshes*)⇒ ***Сеть соединения***(*Ruled Mesh*).

Запросы команды ***П-СОЕД***(*RULESURF*):

*Выберите первую определяющую кривую*: выбрать объект

(*Select first defining curve*):

*Выберите вторую определяющую кривую*: выбрать объект

(*Select second defining curve*):

**Упражнение 10*.***Построить поверхность соединения двух окружностей.

1. Создайте новый файл;
2. Нарисуйте две окружности, расположенные на некотором расстоянии друг от друга;
3. Установите число линий поверхности соединения: *SURFTAB1* 30
4. Задайте команду *П-СОЕД* (*RULESURF*)и укажите:
   * первую окружность;
   * вторую окружность*.*
5. **С**охраните созданный рисунок в своей папке.

### Сеть в виде поверхности сдвига

Сети в виде поверхности сдвига, задаваемые определяющей кривой и направляющим вектором, строятся с помощью команды ***П-СДВИГ***(*TABSURF*). Определяющая кривая может представлять собой отрезок, дугу, круг, эллипс, полилинию, а также сплайн. Направляющий вектор может быть отрезком либо разомкнутой полилинией. Созданная многоугольная сеть *2*хN представляет собой набор многоугольников с параллельными направляющему вектору сторонами. Плотностью поверхности сдвига в направлении N управляет системная переменная *SURFTAB1.*

Задание команды: в командной строке ввести ***П-СДВИГ***(*TABSURF*) или выбрать в строке меню ***Черчение***(*Draw*)⇒ ***Моделирование***(*Modeling*)⇒ ***Сеть***(*Meshes*)⇒ ***Сеть сдвига***(*Tabulated Mesh*).

Запросы команды ***П-СДВИГ*** (*TABSURF*):

*Выберите объект -- криволинейную траекторию*: выбрать объект

(*Select object for path curve*):

*Выберите объект -- направляющий вектор*: выбрать объект

(*Select object for direction vector*):

**Упражнение 11*.***Построить поверхность сдвига (рис. 23).

1. Создайте новый файл;
2. Нарисуйте дугу (способ создания: по трем точкам) и отрезок, расположенный на некотором расстоянии от дуги (рис. 23);
3. Установите число линий поверхности соединения: *SURFTAB1* 30
4. Задайте команду *П-СДВИГ*(*TABSURF*) и укажите:
   * криволинейную траекторию: дугу;
   * направляющий вектор: отрезок.
5. **С**охраните созданный рисунок в своей папке.

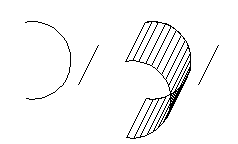
****

Рис. 23. Поверхность сдвига, созданная из дуги и направляющего отрезка

### Сеть в виде поверхности вращения

С помощью команды ***П-ВРАЩ***(*REVSURF*) создается многоугольная сеть, аппроксимирующая поверхность вращения путем вращения криволинейной траектории вокруг выбранной оси. Данная команда применяется для получения поверхностей, обладающих осевой симметрией.

В качестве определяющей кривой могут быть выбраны отрезок, дуга, круг, эллипс, полилиния, сплайн. Определяющая кривая задает направление ***N*** сети поверхности. Осью вращения может быть отрезок или незамкнутая полилиния. Ось вращения задает направление ***M*** сети.

Плотность создания сети управляется системными переменными *SURFTAB*1и*SURFTAB*2.

Задание команды: в командной строке ввести ***П-ВРАЩ***(*REVSURF*) или выбрать в строке меню ***Черчение***(*Draw*)⇒ ***Моделирование***(*Modeling*)⇒ ***Сеть***(*Meshes*)⇒ ***Сеть вращения***(*Revolved Mesh*).

Запросы команды ***П-ВРАЩ***(*REVSURF*):

*Выберите объект для вращения*: выбрать объект

(*Select object to revolve*):

*Выберите объект, определяющий ось вращения*: выбрать объект

(*Select object that defines the axis of revolution*):

*Начальный угол* <0>: задать угол. *Начальный угол* определяет отступ начала поверхности вращения от определяющей кривой. Если угол равен 0, то поверхность вращения начинается с определяющей кривой. Если начальный угол отличен от нуля, то генерация поверхности начинается после поворота на этот угол, а не с определяющей кривой.

(*Specify start angle* <0>):

*Центральный угол* (+ =*против чс*, – =*по чс*) <360>: задать угол. *Центральный угол* задает угол поворота кривой вокруг оси вращения. Если угол меньше 3600, то поверхность будет разомкнутой.

(*Specify included angle* (+=*ccw,* – =*cw*) <360>):

**Упражнение 12.** Построить поверхность вращения, используя дугу и отрезок (рис. 24).

1. Создайте новый файл;
2. Нарисуйте дугу (способ создания: по трем точкам) и ортогональный отрезок, расположенный на некотором расстоянии от дуги (рис. 24);
3. Установите плотность сети: *SURFTAB*1 30; *SURFTAB*2 40;
4. Задайте команду *П-ВРАЩ* (*REVSURF*) и укажите:

* объект для вращения: дугу;
* ось вращения: отрезок.

1. Введите следующие значения:

* начальный угол: 0;
* центральный угол: 360.

1. Сохраните созданный рисунок.

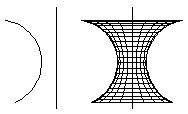


Рис. 24. Поверхность вращения, созданная из дуги и отрезка

**Создание сети, определенной кромкой**

Команда ***П-КРОМКА***(*EDGESURF*) строит многоугольную сеть, аппроксимирующую участок поверхности Кунса по четырем смыкающимся кромкам. Поверхность Кунса – это бикубическая поверхность (т.е. обладающая кубической кривизной как в направлении ***M***, так и в направлении ***N***), натянутая на четыре смыкающиеся кромки (пространственные кривые). Кромки могут представлять собой дуги, отрезки, полилинии, сплайны или эллиптические дуги; они должны попарно смыкаться в конечных точках.

Плотность создания сети управляется системными переменными *SURFTAB*1и*SURFTAB*2.

Задание команды: в командной строке ввести ***П-КРОМКА***(*EDGESURF*) или выбрать в строке меню ***Черчение***(*Draw*)⇒ ***Моделирование***(*Modeling*)⇒ ***Сеть***(*Meshes*)⇒ ***Сеть по кромкам***(*Edge Mesh*).

Запросы команды ***П-КРОМКА***(*EDGESURF*):

*Выберите объект* *–* 1*-ю кромку поверхности*: выбрать первый объект

(*Select object 1 for surface edge*):

*Выберите объект* – 2*-ю кромку поверхности*: выбрать второй объект

(*Select object 2 for surface edge*):

*Выберите объект* – 3*-ю кромку поверхности*: выбрать третий объект

(*Select object 3 for surface edge*):

*Выберите объект* *–* 4*-ю кромку поверхности*: выбрать четвертый объект

(*Select object 4 for surface edge*):

**Упражнение 13.** Построить многоугольную сеть, определенную кромкой. В качестве кромок использовать четыре дуги (рис. 25).

1. Создайте новый файл;
2. Установите режим объектной привязки по конечной точке. Для этого вызовите диалоговое окно *Режимы рисования*(*Drafting*  *Settings*) из строки меню *Сервис*(*Tools*)⇒*Режимы Рисования* (*Drafting Settings*). Откройте в диалоговом окне вкладку *Объектная*  *привязка* (*Object Snap*) и установите режим *Конточка*(*Endpoint*);
3. Нарисуйте четыре смыкающиеся дуги (рис. 25). Способ создания дуг: по трем точкам;
4. Установите плотность сети:
   * *SURFTAB*1: 15;
   * *SURFTAB*2: 20.
5. Задайте команду *П-КРОМКА*(*EDGESURF*)и укажите по порядку четыре дуги;
6. Сохраните созданный рисунок в своей папке.

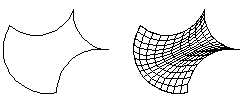


Рис. 25. Сеть, определенная четырьмя кромками (дугами)

**Вопросы для самопроверки**

1. Какие типы трехмерных моделей поддерживает AutoCAD?
2. Что представляет собой каркасная модель?
3. Что представляет собой поверхность?
4. Какие объекты создаются стандартной трехмерной сетью?
5. Как создаются сети в виде: поверхности соединения, поверхности сдвига, поверхности вращения?

**Лабораторная работа № 7**

# Тема работы: Моделирование тел в трехмерном пространстве.

Моделирование с помощью тел – самый простой в использовании вид трехмерного моделирования. Средства AutoCAD позволяют создавать трехмерные объекты на основе базовых пространственных форм: *параллелепипедов, конусов, цилиндров, сфер, клинов и торов (колец).* Из этих форм путем их *объединения, вычитания и пересечения* строятся более сложные пространственные тела. Кроме того, тела можно строить, сдвигая плоский объект вдоль заданного вектора или вращая его вокруг оси.

Твердотельный объект, или тело, представляет собой изображение объекта, хранящее, помимо всего прочего, информацию о своих объемных свойствах. Тела наиболее полно отображают моделируемые объекты. Кроме того, тела, несмотря на их кажущуюся сложность, легче строить и редактировать, чем каркасные модели и сети.

Модификация тел осуществляется путем сопряжения их граней и снятия фасок. В AutoCAD имеются команды, с помощью которых тело можно разрезать на две части или получить их двумерное сечение.

Как и сети, тела имеют внешний вид, аналогичный проволочным моделям, до тех пор пока к ним не применены операции подавления скрытых линий, раскрашивания и тонирования. В отличие от всех остальных моделей, у тел можно анализировать массовые свойства (объем, момент инерции, центр масс и т.п).

Команды создания твердотельных моделей запускаются следующими способами:

* + из командной строки;
  + из строки меню ***Черчение***(*Draw*)⇒ ***Моделирование***(*Modeling*);
  + из плавающей панели инструментов ***Моделирование***(*Modeling*).

### Параллелепипед

Команда ***ЯЩИК***(*BOX*) создаёт твердотельные модели кубов или прямоугольных параллелепипедов.

Запросы команды ***ЯЩИК***(*BOX*):

*Первый угол или* [*Центр*]: ввести координаты угла или задать опцию

(*Specify first corner or* [*Center*]):

*Другой угол или* [*Куб*/*Длина*]: ввести координаты противоположного угла или задать опцию

(*Specify other corner or* [*Cube/Length*]):

Опции:

* *Центр*(*Center*) – определяет центр параллелепипеда. Опция задается путем ввода *Ц* (*C*);
* *Куб*(*Cube*) – формирует куб со стороной, равной заданной длине. Опция задается путем ввода *К* (*C*);
* *Длина*(*Length*) – определяет длину всех трёх сторон. Опция задается путем ввода *Д* (*L*).

*Высота или* [*2Точки*]: указать высоту или задать опцию

(*Specify height or* [2*Point*]):

Опция:

* 2*Точки*(2*Point*) – указывает, что высотой ящика является расстояние между двумя заданными точками. Опция выбирается путем ввода 2*Т* (2*T*).

**Упражнение 1**.Построить куб со стороной, равной 50.

* + - 1. 1. Создайте новый файл рисунка;
      2. 2. Установите область рисования равной 420×297;
      3. 3. Задайте команду *Ящик* (*Box*);
      4. 4. Введите координаты угла куба: 40, 30, 20;
      5. 5. Выберите опцию *Куб*[*Сube*];
      6. 6. Задайте длину стороны 50;

1. Установите точку зрения *ЮЗ изометрия* (*SW Isometric*);
2. Для удаления скрытых линий задайте команду *Скрыть*(*Hide*).
3. Сохраните рисунок в своей рабочей папке.

### Шар

Твердотельный шар (сфера) создается командой ***ШАР*(***SPHERE***)**.

Системная переменная *ISOLINES* определяет число изолиний (вертикальные и горизонтальные линии) на изогнутых поверхностях твердотельных моделей.

Запросы команды ***ШАР*(***SPHERE***)**:

*Центр или* [3*Т*/2*Т*/*ККР*]: ввести координаты центра или задать опцию

(*Specify center or* [3*P*/2*P*/*Ttr*]):

Опции:

* 3*Т*(3*P*) – определяет окружность сферы путем задания трех произвольных точек в 3D пространстве. Опция задается путем ввода 3*Т* (3*P*);
* *2Т*(2*P*) – определяет окружность сферы путем задания двух произвольных точек в 3D пространстве. Опция задается путем ввода 2*Т*(2*P*);
* *ККР*(*Ttr*) – создает шар по заданному радиусу, касательному к двум объектам. Опция задается путем ввода *ККР*(*Ttr*).

*Радиус или* [*Диаметр*]: задать радиус или выбрать опцию *Д*(*D*). Опция определяет диаметр шара.

(*Specify radius or*[*Diameter*]):

**Упражнение 2**.Построить сферу с радиусом, равным 50.

1. Создайте новый файл рисунка;
2. Установите область рисования равной 420×297;
3. Установите точку зрения *ЮЗ изометрия* (*SW Isometric*);
4. Установите значение системной переменной *ISOLINES*: 16;
5. Задайте команду *ШАР***(***SPHERE***)**;
6. Отвечая на запросы команды:
   * задайте координаты центра: 100, 100, 50;
   * задайте радиус: 50.
7. Сохраните рисунок в своей рабочей папке.

**Конус**

Команда ***КОНУС***(*CONE*) создаёт твердотельные модели прямого и наклонного конусов с круглым и эллиптическим основанием.

Запросы команды ***КОНУС***(*CONE*):

*Центр основания или* [3*Т*/2*Т*/*ККР*/*Эллиптический*]: ввести координаты центра основания конуса или задать опцию

(*Specify center point of base or* [*3P/2P/Ttr/Elliptical*]):

Опции команды ***КОНУС***(*CONE*):

* 3*Т* (3*P*) – определяет длину окружности основания и базовую плоскость конуса с помощью задания трех точек. Опция задается путем ввода3*Т* (3*P*).
* 2*Т* (2*P*) – определяет диаметр основания конуса путем задания двух точек. Опция задается путем ввода2*Т* (2*P*).
* *ККР*(*Ttr*) – определяет основание конуса по заданному радиусу, касательному к двум объектам. Опция задается путем ввода *ККР*(*T*).
* *Эллиптический*(*Elliptical*) – определяет эллиптическое основание конуса. Опция выбирается путем ввода *Э*(*E*).

*Радиус основания или* [*Диаметр*]: указать радиус или задать опцию *Д* (*D*).

Опция определяет диаметр основания конуса.

(*Specify base radius or* [*Diameter*]):

*Высота или* [2*Точки*/*Конечная точка оси*/*Радиус при вершине*]: указать высоту конуса или задать опцию

(*Specify height or* [2*Point*/*Axis endpoint*/*Top radius*]):

Опции:

* 2*Точки* (2*Point*) – определяет высоту конуса как расстояние между двумя заданными точками. Опция задается путем ввода2*Т* (2*P*).
* *Конечная точка оси* (*Axis endpoint*) – задает положение конечной

точки для оси конуса. Конечной точкой оси является верхняя точка конуса или центральная точка верхней грани усеченного конуса. Конечная точка оси определяет длину и ориентацию конуса. Опция задается путем ввода  *К*(*A*).

* *Радиус при вершине* (*Top radius*) – определяет радиус при вершине усеченного конуса. Опция задается путем ввода *Р*(*Т*).

**Упражнение 3**. Построить круговой усеченный конус (рис. 26).

1. Создайте новый файл рисунка;
2. Установите область рисования равной 420×297;
3. Установите точку зрения *ЮЗ изометрия* (*SW Isometric*);
4. Установите значение системной переменной *ISOLINES* 16;
5. Задайте команду *КОНУС*(*CONE*);
6. Отвечая на запросы команды:
   * задайте координаты центра: 50, 50, 50;
   * задайте радиус основания: 80;
   * задайте опцию *Р* и введите радиус верхнего основания: 40;
   * задайте опцию *В* и введите высоту, равную 100.
7. Сохраните рисунок в своей рабочей папке.

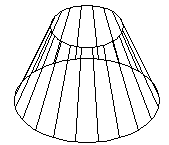


Рис. 26. Формирование кругового усеченного конуса

**Цилиндр**

Команда ***ЦИЛИНДР***(*CYLINDER*) создаёт твердотельные модели круглых и эллиптических, ровных и скошенных цилиндров.

Запросы команды ***ЦИЛИНДР***(*CYLINDER*):

*Центр основания или* [3*Т*/2*Т*/*ККР*/*Эллиптический*]: ввести координаты

центра основания или задать опцию

(*Specify center point of base or* [3*P*/2*P*/*Ttr*/*Elliptical*]):

Опции:

* 3*Т*(3*P*) – определяет длину окружности основания и базовую плоскость цилиндра с помощью задания трех точек. Опция выбирается путем ввода3*Т* (3*P*).
* 2*Т*(2*P*) – определяет диаметр основания цилиндра путем задания двух точек. Опция задается путем ввода2*Т* (2*P*).
* *ККР*(*Ttr*) – определяет основание цилиндра по заданному радиусу, касательному к двум объектам. Опция задается путем ввода *ККР*(*T*).
* *Эллиптический*(*Elliptical*) – определяет эллиптическое основание цилиндра. Опция задается путем ввода *Э*(E).

*Радиус основания или* [*Диаметр*]: задать радиус или выбрать опцию *Д* (*D*). Опция определяет диаметр основания цилиндра.

(*Specify base radius or* [*Diameter*]):

*Высота или* [2*Точки*/*Конечная точка оси*]: указать высоту цилиндра или задать опцию

(*Specify height or* [2*Point*/*Axis endpoint*]):

Опции:

* 2*Точки* (2*Point*) – определяет высоту цилиндра как расстояние между двумя заданными точками. Опция выбирается путем ввода2*Т* (2*P*).
* *Конечная точка оси* (*Axis endpoint*) – задает положение конечной точки для оси цилиндра. Конечная точка оси определяет длину и ориентацию цилиндра. Опция выбирается путем ввода  *К*(*A*).

**Упражнение 4**. Построить наклоненный цилиндр, в основании которого лежит окружность (рис. 27).

1. Создайте новый файл рисунка;
2. Установите область рисования равной 420×297;
3. Установите точку зрения *СВ изометрия* (*NE Isometric*) ;
4. Установите значение системной переменной *ISOLINES*, равное 20;
5. Задайте команду *ЦИЛИНДР*(*CYLINDER*)
6. Отвечая на запросы команды:

* задайте координаты центра основания: 50, 50;
* задайте радиус основания: 80;
* задайте опцию *К* и введите координаты конечной точки оси: 150, 100, 200.

1. Сохраните рисунок в своей рабочей папке.

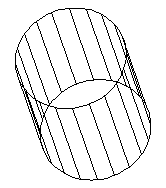


Рис. 27. Формирование цилиндра

**Тор**

Команда ***ТОР***(*TORUS*) создаёт твердотельную модель кольца.

Запросы команды ***ТОР***(*TORUS*):

*Центр или* [3*Т*/2*Т*/*ККР*]: ввести координаты центра или задать опцию

(*Specify center point or* [3*P*/2*P*/*Ttr*]):

Опции:

* 3*Т*(3*P*) – определяет длину окружности тора по трем точкам.Опция задается путем ввода3*Т* (3*P*).
* 2*Т*(2*P*) – определяет диаметр тора путем задания двух точек. Опция задается путем ввода2*Т* (2*P*).
* *ККР*(*Ttr*) – построение тора по заданному радиусу, касающемуся двух объектов. Опция задается путем ввода *ККР*(*T*).

*Радиус или* [*Диаметр*] – указать радиус тора или выбрать опцию *Д*(*D*). Опция определяет диаметр тора.

(Specify radius or [*Diameter*]):

*Радиус полости или* [2*Точки*/*Диаметр*]: задать радиус полости тора или выбрать опцию

(*Specify tube radius or* [2*Point*/*Diameter*]):

Опции:

* 2*Т*(2*P*) – определяет диаметр полости тора путем задания двух точек. Опция задается путем ввода2*Т* (2*P*).
* *Диаметр*(*Diameter*) – определяет диаметр полости тора.Опция задается путем ввода *Д* (*D*).

**Упражнение 5**. Построить тор.

1. Создайте новый файл рисунка;
2. Установите область рисования равной 420×297;
3. Установите точку зрения *СВ изометрия* (*NE Isometric*) ;
4. Установите значение системной переменной *ISOLINES* 20;
5. Задайте команду *ТОР*(*TORUS*);
6. Отвечая на запросы команды:

* задайте координаты центра тора: 100, 100, 50;
* задайте радиус тора 80;
* задайте радиус полости тора 30.

1. Сохраните рисунок в своей рабочей папке.

**Клин**

Команда ***КЛИН*** *(WEDGE*) создаёт твердотельный клин.

Запросы команды ***КЛИН*** *(WEDGE*):

*Первый угол или* [*Центр*]: указать точку угла или выбрать опцию *Ц*(*C*) для задания центра клина

(*Specify first corner or* [*Center*]):

*Другой угол или* [*Куб*/*Длина*]: указать второй угол или выбрать опцию

(*Specify other corner or* [*Cube/Length*]):

Опции:

* *Куб*(*Cube*) – построение равностороннего клина.Опция задается путем ввода *К* (*C*).
* *Длина*(*Length*) – построение клина с заданными значениями длины, ширины и высоты. Опция задается путем ввода *Д*(*L*).

*Высота или* [2*Точки*]: задать высоту клина или выбрать опцию 2*Точки*

(*Specify height or* [2*Point*]):

Опция:

* 2*Точки*(2*Point*) – определяет высоту клина как расстояние междудвумя заданными точками. Опция выбирается путем ввода2*Т* (2*P*).

**Упражнение 6**. Построить клин (рис. 28).

1. Создайте новый файл рисунка;
2. Установите область рисования равной 420×297;
3. Установите точку зрения *ЮЗ изометрия* (*SW Isometric*) ;
4. Задайте команду *КЛИН*(*WEDGE*);
5. Отвечая на запросы команды:

* задайте координаты угла клина: 50, 50;
* задайте координаты противоположного угла: 250, 100;
* задайте высоту клина 100.

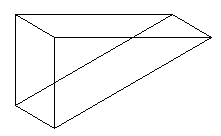


Рис. 28. Формирование клина

**Пирамида**

Команда ***ПИРАМИДА***(*PYRAMID*) создаёт твердотельную пирамиду.

Команду можно использовать для построения призмы, если задать радиус верхнего основания пирамиды таким же, как и радиус ее нижнего основания.

Следуя запросам команды построения пирамиды, сначала строится ее основание в виде многоугольника заданием его центра и точки на нем. После построения основания пирамиды задается ее высота, которая по умолчанию перпендикулярна ему.

Вместо построения пирамиды с помощью запросов команды по умолчанию можно воспользоваться ее опциями, которые расширяют возможности для построения пирамиды.

Опции команды ***ПИРАМИДА***(*PYRAMID*):

* *Кромка*(*Edge*) – двумя точками указывается длина кромки основания пирамиды.Опция задается путем ввода *К* (*E*).
* *Стороны*(*Sides*) – указывается число сторон пирамиды в диапазоне от 3 до 32. Опция задается путем ввода *С*(*S*).
* *Описанная*(*Circumscribed*) – указывается, что основание пирамиды описывается вокруг (строится по периметру) радиуса основания пирамиды. Опция задается путем ввода *О*(*C*).
* *Вписанная*(*Inscribed*) – указывается, что основание пирамиды вписывается в пределах (строится внутри) радиуса основания пирамиды. Опция задается путем ввода *В*(*I*).
* *Конечная точка оси*(*Axis Endpoint*) – указывается положение вершины пирамиды в любом месте 3D-пространства. Конечная точка оси определяет длину пирамиды и ее положение в пространстве. Опция задается путем ввода *К*(*A*).
* *Радиус верхнего основания*(*Top Radius*) – указывается радиус верхнего основания усеченной пирамиды. Опция задается путем

ввода *Р*(*T*).

**Упражнение 7**. Построить пятиугольную призму (рис. 29).

1. Создайте новый файл рисунка;
2. Установите область рисования равной 420×297;
3. Установите точку зрения *СВ изометрия* (*NE Isometric*) ;
4. Задайте команду *ПИРАМИДА*(*PYRAMID*);
5. Отвечая на запросы команды:

* задайте опцию *С* и введите количество сторон 5;
* задайте координаты центра основания: 50, 50;
* задайте радиус основания 80;
* задайте опцию *Р* и введите радиус верхнего основания 80;
* задайте высоту призмы 150.

1. Сохраните рисунок в своей рабочей папке.

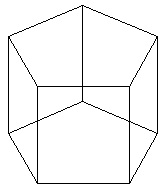


Рис. 29. Формирование пятиугольной призмы

### Тело вращения

Команда ***ВРАЩАТЬ***(*REVOLVE*)используется для создания твердотельных тел путем вращения существующих двухмерных объектов. Команда позволяет вращать следующие объекты: отрезки, дуги, эллиптические дуги, двумерные полилинии, 2D сплайны, круги, эллипсы, плоские 3D грани, двумерные фигуры, полосы, области. AutoCAD не вращает объекты, входящие в блок, или самопересекающиеся полилинии.

Запросы команды ***ВРАЩАТЬ***(*REVOLVE*):

*Выберите объекты для вращения*: выбрать объекты и нажать клавишу *Enter* для завершения выбора объектов

(*Select objects to revolve*):

*Начальная точка оси вращения или* [*Объект*/*X*/*Y*/*Z*] <*Объект*>: указать начальную точку или выбрать опцию

(*Specify axis start point or define axis by* [*Object*/*X*/*Y*/*Z*] < *Object* >):

Опции:

* *Объект*(*Object*) – в качестве оси для вращения нужно выбратьобъект. Опция задается путем ввода *О* (*O*).
* *X* – в качестве оси вращения используется ось *X*. Опция задаетсяпутем ввода *X*(*X*).
* *Y –* в качестве оси вращения используется ось *Y*. Опция задаетсяпутем ввода *Y*(*Y*).
* *Z –* в качестве оси вращения используется ось *Z*. Опция задаетсяпутем ввода *Z*(*Z*).

*Конечная точка оси*: указать конечную точку оси вращения

(*Specify axis endpoint*):

*Угол вращения или* [*Начальный угол*] <360>: задать угол, на который повернутся объекты, или ввести опцию

(*Specify angle of revolution or* [*STart angle* ] <360>):

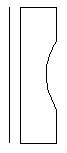
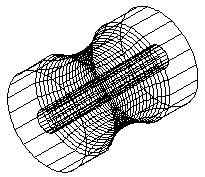
Опция:

* *Начальный угол* (*STart angle*) – задает угол вращения объекта.

Объект можно вращать вокруг отрезка, полилинии или двух заданных точек. Опция задается путем ввода *Н* (*ST*).

**Упражнение 8**. Построить твердотельное тело путем вращения (рис. 30).

1. Создайте новый файл рисунка;
2. Установите область рисования равной 420×297;
3. Задайте команду *ОТРЕЗОК*(*LINE*) и создайте вертикальный отрезок – ось вращения объекта (рис. 30);
4. Задайте команду *ПЛИНИЯ*(*PLINE*) и создайте контур (рис. 30) для формирования тела вращения;
5. Установите значение переменной *ISOLINES*, равное 20;
6. Задайте команду *ВРАЩАТЬ*(*REVOLVE*);
7. Выберите контур (полилинию) и нажмите *Enter*;
8. Выберите ось вращения и нажмите *Enter*;
9. Задайте угол вращения 360;
10. Для просмотра тела вращения установите точку зрения *ЮВ*  *изометрия* (*SE Isometric*);

**Ось** вращения

**Контур**

**Тело** вращения

Рис. 30. Формирование тела методом вращения

**Выдавленное тело**

Команда ***ВЫДАВИТЬ***(*EXTRUDE*) используется для создания твердотельных объектов методом выдавливания двумерных примитивов (добавления им высоты). Для выдавливания используются такие примитивы, как: круги, эллипсы, замкнутые полилинии, замкнутые сплайны, области и трёхмерные грани.

Запросы команды ***ВЫДАВИТЬ***(*EXTRUDE*):

*Выберите объекты для выдавливания*: выбрать объекты

(*Select objects to extrude*):

*Высота выдавливания* [*Направление*/*Траектория*/*Угол сужения*]: задать глубину выдавливания или задать опцию

(*Specify height of extrusion or* [*Direction*/*Path*/*Taper angle*]):

Опции:

* *Направление*(*Direction*) – задание двух точек, которые определяют длину и направление выдавливания. Опция задается путем ввода *Н*(*D*).
* *Траектория*(*Path*) – задание траектории выдавливания. Опциявыбирается путем ввода *Т*(*P*).
* *Угол сужения*(*Taper angle*) – задание угла (от -90° до +90°) для конусного выдавливания. Опция выбирается путем ввода *У*(*T*).

**Упражнение 9**. Построить конус путем выдавливания (рис. 31).

1. Создайте новый файл рисунка;
2. Установите область рисования равной 420 × 297;
3. Задайте команду *КРУГ*(*CIRCLE*) и создайте окружность с координатами центра: 100, 100 и радиусом 10;
4. Установите значение переменной *ISOLINES*, равное 16;
5. Задайте команду *ВЫДАВИТЬ*(*EXTRUDE*);
6. Выберите окружность и нажмите *Enter*;
7. Задайте опцию *У* и введите угол сужения равным 45°;
8. Задайте высоту выдавливания 300;
9. Для просмотра тела вращения установите точку зрения *ЮВ* *изометрия* (*SE Isometric*);
10. Для удаления скрытых линий задайте команду *СКРЫТЬ*(*HIDE*);
11. Сохраните рисунок в своей рабочей папке.

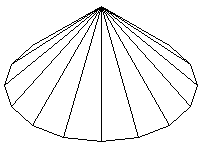
****

Рис. 31. Формирование конуса методом выдавливания

**Построение сложных тел**

Одним из наиболее удобных и быстрых способов моделирования является создание трехмерных объектов при помощи булевых операций.   
Например, если два объекта пересекаются, на их основе можно создать третий объект, который будет представлять собой результат сложения, вычитания или пересечения исходных объектов.

Ниже рассматривается техника формирования изображений твердых тел с использованием логических операций:

* Объединения;
* Вычитания;
* Пересечения.

**Объединение объектов**

Для объединения объектов используется команда ***ОБЪЕДИНЕНИЕ***(*UNION*). Она позволяет создавать новые составные тела или области из нескольких существующих тел или областей, в том числе не пересекающихся.

Задание команды: в командной строке ввести ***ОБЪЕДИНЕНИЕ*** (*UNION*) или выбрать в строке меню ***Изменить***(*Modify*)⇒ ***Редактирование тела*** (*Solid Editing*)⇒ ***Объединение***(*Union*).

Запрос команды ***ОБЪЕДИНЕНИЕ***(*UNION*):

*Выберите объекты*: выбрать объект или нажать клавишу *Enter*, если выбор объектов завершен

(*Select objects*):

**Упражнение 10**. Построить фигуру (рис. 32), объединив параллелепипед и цилиндр.

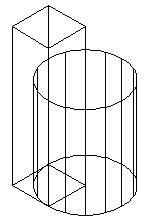
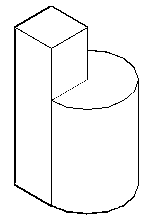
1. Создайте новый файл рисунка;
2. Установите область рисования равной 420×297;
3. Задайте переменной *ISOLINES* значение, равное 16;
4. Создайте цилиндр со следующими параметрами:

* координаты центра: 100, 100, 50;
* радиус цилиндра: 40;
* высота цилиндра: 100.

1. Создайте параллелепипед со следующими параметрами:

* координаты угла: 100, 100, 50;
* координаты противоположного угла: 40, 60, 50;
* высота: 150.

1. Установите точку зрения *СВ изометрия* (*NE Isometric*);
2. Сохраните полученный рисунок в файле *IST.DWG*;
3. Задайте команду *ОБЪЕДИНЕНИЕ*(*UNION*);
4. Отвечая на запросы команды, выберите оба объекта и нажмите клавишу *Enter*;
5. Для удаления скрытых линий задайте команду *СКРЫТЬ*(*HIDE*);
6. Сохраните объединенные объекты в файле *UN.DWG*.

**Исходное** **тело**

**Результат объединения**

Рис. 32. Результат объединения цилиндра и параллелепипеда

### Вычитание объектов

Для вычитания одного объекта из другого используется команда ***ВЫЧИТАНИЕ***(*SUBTRACT*), которая удаляет пересекающиеся части двумерных областей или трёхмерных твердотельных моделей.

Задание команды: в командной строке ввести ***ВЫЧИТАНИЕ*** (*SUBTRACT*) или выбрать в строке меню ***Изменить***(*Modify*)⇒ ***Редактирование тела*** (*Solid Editing*)⇒ ***Вычитание*** (*Subtract*).

Запросы команды ***ВЫЧИТАНИЕ***(*SUBTRACT*):

*Выберите тела и области, из которых будет выполняться вычитание*

(*Select solids and regions to subtract from* …)

*Выберите объекты*: выбрать объекты, из которых выполняется вычитание

(*Select objects*):

*Выберите тела или области для вычитания*…

(*Select solids and regions to subtract*…)

*Выберите объекты*: выбрать объекты для вычитания

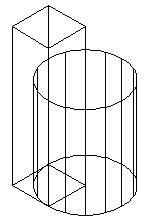
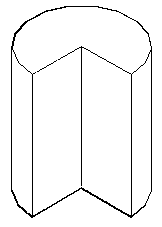
(*Select objects*):

**Упражнение 11**. Построить фигуру (рис. 33), полученную путем вычитания параллелепипеда из цилиндра.

1. Откройте файл *IST.DWG*;
2. Установите точку зрения *ЮВ изометрия* (*SE Isometric*);
3. Задайте команду *ВЫЧИТАНИЕ*(*SUBTRACT*);
4. Отвечая на запросы команды:

* выберите цилиндр (объект, из которого вычитают);
* выберите параллелепипед (объект для вычитания).

1. Для удаления скрытых линий задайте команду *СКРЫТЬ*(*HIDE*);
2. Сохраните полученную фигуру в файле *SUB.DWG*.

**Исходное тело**

**Результат вычитания**

Рис. 33. Результат вычитания цилиндра и параллелепипеда

### Пересечение объектов

Команда ***ПЕРЕСЕЧЕНИЕ***(*INTERSECT*) удаляет все, кроме пересекающихся частей двумерных областей и общих частей трёхмерных твердотельных моделей.

Задание команды: в командной строке ввести ***ПЕРЕСЕЧЕНИЕ*** (*INTERSECT*) или выбрать в строке меню ***Изменить***(*Modify*)⇒ ***Редактирование тела***(*Solid Editing*)⇒ ***Пересечение***(*Intersect*).

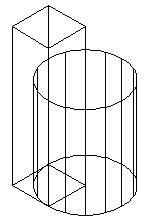
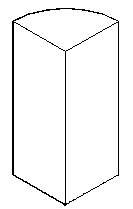
Запросы команды ***ПЕРЕСЕЧЕНИЕ***(*INTERSECT*):

*Выберите объекты*: выбрать объекты или нажать клавишу *Enter*, если выбор объектов завершен

(*Select objects*):

**Упражнение 12**. Построить фигуру (рис. 34), полученную путем пересечения цилиндра и параллелепипеда.

1. Откройте файл *IST.DWG*;
2. Установите точку зрения *ЮВ изометрия* (*SE Isometric*);
3. Задайте команду*ПЕРЕСЕЧЕНИЕ*(*INTERSECT*);
4. Отвечая на запросы команды, выберите цилиндр и параллелепипед;
5. Для удаления скрытых линий задайте команду *СКРЫТЬ*(*HIDE*);
6. Сохраните полученную фигуру в файле *INTER.DWG*.

**Исходное тело**

**Результат пересечения**

Рис. 34. Результат пересечения цилиндра и параллелепипеда

## Вопросы для самопроверки

1. Какие твердотельные примитивы входят в базовый состав моделей AutoCAD?
2. Как запускаются команды создания твердотельных моделей?
3. Как построить объект методом объединения?
4. Как построить объект методом вычитания?
5. Как построить объект методом пересечения?

**Лабораторная работа № 8**

**Тема работы:** Редактирование в трехмерном пространстве.

Существует несколько команд редактирования, предназначенных исключительно для трехмерного пространства или имеющих для него специальные параметры. В данной лабораторной работе описаны эти специальные команды и параметры. В AutoCAD имеется возможность непосредственно редактировать трехмерные объекты. Можно изменять грани объектов, их ребра, «впечатывать» на поверхность объемного тела двумерные объекты, разделять сложные объекты на компоненты, формировать оболочку вокруг объекта и выполнять очистку объекта – удаление «впечатанных» объектов и лишних граней.

Команды редактирования в пространстве запускаются следующими способами:

* + из командной строки;
  + из падающего меню ***Изменить***(*Modify*)⇒ ***3D операции***(*3D Operations*) и ***Изменить***(*Modify*)⇒ ***Редактирование тела***(*Solid Editing*);
  + из плавающей панели инструментов ***Редактирование тела* (***Solid Editing*).

**Редактирование трехмерных объектов**

**Поворот пространственных объектов**

С помощью команды ***ПОВЕРНУТЬ***(*ROTATE*) можно поворачивать трехмерные объекты в плоскости *XY*.

Команда ***3DПОВЕРНУТЬ***(*3DROTATE*) используется, когда необходимо повернуть объекты в других плоскостях вокруг базовой точки.

Вызывается команда ***3DПОВЕРНУТЬ***(*3DROTATE*) из падающего меню ***Изменить***(*Modify*)⇒ ***3D операции***(*3D Operations*)⇒ ***3D поворот***(*3D Rotate*) или из командной строки.

Запросы команды ***3DПОВЕРНУТЬ***(*3DROTATE*):

*Выберите объекты*: выбрать объекты и нажать *Enter* для окончания выбора объектов

(*Select objects*):

*Базовая точка*: указать базовую точку (в заданной точке отображается ручка поворота)

(*Specify base point*):

*Ось вращения*: нажать ручку оси, чтобы выбрать ось поворота

(*Pick a rotation axis*):

*Точка на первом луче угла*: ввести величину угла поворота или задать начальную точку угла

(*Specify angle start point*):

*Точка на втором луче угла*: задать конечную точку угла

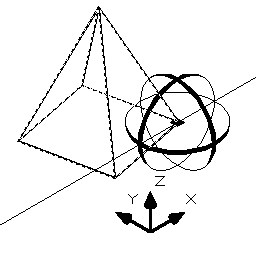
(*Specify angle end point*):

**Упражнение 1**.Повернуть пирамиду на 270° вокруг оси X, используя команду *3DПОВЕРНУТЬ*(*3DROTATE*).

1. Создайте новый файл рисунка;
2. Установите область рисования равной 420×297;
3. Установите точку зрения *ЮЗ изометрия* (*SW Isometric*) ;
4. Постройте произвольную пирамиду;
5. Задайте команду *3DПОВЕРНУТЬ*(*3DROTATE*);
6. Отвечая на запросы команды:

* выберите пирамиду;
* укажите базовую точку и ось поворота (рис. 35);
* задайте величину угла 270°.

**Базовая** **точка**



**Исходная пирамида**

**Ось поворота**

**Ручка поворота**

Рис. 35. Пример выполнения команды *3DПОВЕРНУТЬ*(*3DROTATE*)

Команда ***ПОВЕРНУТЬ3D***(*ROTATE3D*) осуществляет поворот объектов в трехмерном пространстве вокруг заданной оси.

Вызывается команда ***ПОВЕРНУТЬ3D***(*ROTATE3D*) из командной строки.

Запросы команды ***ПОВЕРНУТЬ3D***(*ROTATE3D*):

*Выберите объекты*: выбрать объекты и нажать *Enter* для окончания выбора объектов

(*Select objects*):

*Укажите первую точку оси или используйте для задания оси*

[*Объект*/*Последняя*/*Вид*/*Xось*/*Yось*/*Zось*/*2точки*]: указать две точки оси или задать опцию

(*Specify first point on axis or define axis or define axis by*

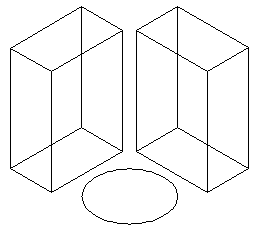
[*Object*/*Last/View/Xaxis/Yaxis/Zaxis/2points*]):

Опции:

* *Объект*(*Object*) – поворот вокруг объекта. Опция задается путем ввода *О* (*O*);
* *Последняя*(Last) – используется последняя определенная ось поворота. Опция задается путем ввода *П*(*L*);
* *Вид*(*View*) – ось поворота параллельна линии наблюдения текущего вида и проходит через указанную точку. Опция задается путем ввода *В* (*V*);
* *Xось*/*Yось*/*Zось*(*Xaxis*/*Yaxis*/*Zaxis*) – ось поворота параллельна оси *X* , *Y* или *Z* и проходит через заданную точку. Опция задается путем ввода *X*, *Y* или *Z*;
* 2*точки*(2*points*) – поворот вокруг оси, проходящей через две заданные точки. Опция задается путем ввода 2.

**Упражнение 2**. Повернуть прямоугольный параллелепипед на 90°вокруг окружности (рис. 36).

* 1. Создайте новый файл рисунка;
  2. Установите область рисования равной 420×297;
  3. Установите точку зрения *ЮЗ изометрия* (*SW Isometric*);
  4. Постройте параллелепипед, задав команду*ЯЩИК*(*BOX*);
  5. Создайте окружность;
  6. Задайте команду *ПОВЕРНУТЬ3D*(*ROTATE3D*);
  7. Отвечая на запросы команды:
     + выберите параллелепипед;
     + задайте опцию *Объект*(*Object*);
     + выберите окружность;
     + задайте угол поворота 90°.



**Исходный параллелепипед**

**После поворота**

Рис. 36. Пример выполнения команды *ПОВЕРНУТЬ3D* (*ROTATE3D*

**Зеркальное отображение**

Если линия зеркального отражения лежит в плоскости *XY*, можно зеркально отражать любые трехмерные объекты с помощью обычной команды ***ЗЕРКАЛО***(*MIRROR*). Для зеркального отражения в какой-либо другой плоскости используется команда ***3DЗЕРКАЛО***(*MIRROR3D*).

Вызывается команда ***3DЗЕРКАЛО***(*MIRROR3D*) из падающего меню ***Изменить***(*Modify*)⇒ ***3D операции***(*3D Operations*)⇒ ***3D зеркало***(*3D Mirror*) или из командной строки.

Запросы команды ***3DЗЕРКАЛО***(*MIRROR3D*):

*Выберите объекты*: выбрать объекты и нажать *Enter* для окончания выбора объектов

(*Select objects*):

*Первая точка плоскости отражения (3 точки) или*

[[*Объект*](mk:@MSITStore:C:\Program%20Files\AutoCAD%202007\help\acad_acr.chm::/ACR.m.006.MIRROR3D.htm#WSc30cd3d5faa8f6d813d93f4ffc2d60e2b-7fd9#WSc30cd3d5faa8f6d813d93f4ffc2d60e2b-7fd9)/[*Последний*](mk:@MSITStore:C:\Program%20Files\AutoCAD%202007\help\acad_acr.chm::/ACR.m.006.MIRROR3D.htm#WSc30cd3d5faa8f6d813d93f4ffc2d60e2b-7fd8#WSc30cd3d5faa8f6d813d93f4ffc2d60e2b-7fd8)/[Z*ось*](mk:@MSITStore:C:\Program%20Files\AutoCAD%202007\help\acad_acr.chm::/ACR.m.006.MIRROR3D.htm#WSc30cd3d5faa8f6d813d93f4ffc2d60e2b-7fd7#WSc30cd3d5faa8f6d813d93f4ffc2d60e2b-7fd7)/[*Вид*](mk:@MSITStore:C:\Program%20Files\AutoCAD%202007\help\acad_acr.chm::/ACR.m.006.MIRROR3D.htm#WSc30cd3d5faa8f6d813d93f4ffc2d60e2b-7fd6#WSc30cd3d5faa8f6d813d93f4ffc2d60e2b-7fd6)/[*XY*/*YZ*/*ZX*](mk:@MSITStore:C:\Program%20Files\AutoCAD%202007\help\acad_acr.chm::/ACR.m.006.MIRROR3D.htm#WSc30cd3d5faa8f6d813d93f4ffc2d60e2b-7fd5#WSc30cd3d5faa8f6d813d93f4ffc2d60e2b-7fd5)/[*3точки*](mk:@MSITStore:C:\Program%20Files\AutoCAD%202007\help\acad_acr.chm::/ACR.m.006.MIRROR3D.htm#WSc30cd3d5faa8f6d813d93f4ffc2d60e2b-7fd4#WSc30cd3d5faa8f6d813d93f4ffc2d60e2b-7fd4)]<*3точки*>: указать первую точку плоскости отражения или задать опцию

(*Specify first point of mirror* *plane* (*3 points*) or

[*Object*/*Last*/ *View* /[*XY*/*YZ*/*ZX*](mk:@MSITStore:C:\Program%20Files\AutoCAD%202007\help\acad_acr.chm::/ACR.m.006.MIRROR3D.htm#WSc30cd3d5faa8f6d813d93f4ffc2d60e2b-7fd5#WSc30cd3d5faa8f6d813d93f4ffc2d60e2b-7fd5)/*3points*/]<*3points* >):

Опции:

* *Объект*(*Object*) – в качестве плоскости отражения используется плоскость выбранного объекта. Опция задается путем ввода *О*;
* *Последний*(*Las*t) – зеркальное отображение выбранных

объектов относительно последней заданной плоскости. Опция

задается путем ввода *П*(*L*);

* *Zось*(*Zaxis*) – плоскость отражения определяется на основании точки на плоскости и точки на перпендикуляре к ней. Опция задается путем ввода *Z*(*Z*);
* *Вид*(*View*) – плоскость отражения ориентируется согласно плоскости текущего видового взгляда. Опция задается путем ввода *В* (*V*);
* [*XY*/*YZ*/*ZX*](mk:@MSITStore:C:\Program%20Files\AutoCAD%202007\help\acad_acr.chm::/ACR.m.006.MIRROR3D.htm#WSc30cd3d5faa8f6d813d93f4ffc2d60e2b-7fd5#WSc30cd3d5faa8f6d813d93f4ffc2d60e2b-7fd5) ([*XY*/*YZ*/*ZX*](mk:@MSITStore:C:\Program%20Files\AutoCAD%202007\help\acad_acr.chm::/ACR.m.006.MIRROR3D.htm#WSc30cd3d5faa8f6d813d93f4ffc2d60e2b-7fd5#WSc30cd3d5faa8f6d813d93f4ffc2d60e2b-7fd5)) – плоскость отражения ориентируется вдоль одной из стандартных плоскостей, проходящей через указанную точку. Опция задается путем ввода *X*, *Y* или *Z*;
* 3*точки*(3*points*) – задание плоскости отражения по трем точкам. Опция задается путем ввода 3.

*Вторая точка плоскости отражения*: указать вторую точку плоскости отражения

(*Specify second point of mirror* *plane*)

*Третья точка плоскости отражения*: указать третью точку плоскости отражения

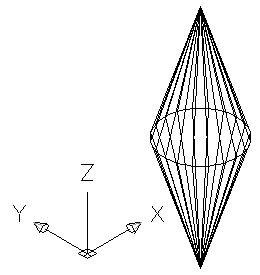
(*Specify third point of mirror* *plane*)

*Удалить исходные объекты?* [*Да/Нет*] *<Н>*: ввести *Д* или *Н*

(*Delete source objects?* [*Yes/No*]) *<N>*:

**Упражнение 3**. Построить фигуру, изображенную на рис. 37.

* 1. Создайте новый файл рисунка.
  2. Установите область рисования 420×297.
  3. Установите точку зрения *ЮЗ изометрия* (*SW Isometric*).
  4. Задайте значение системной переменной *ISOLINES* равное 20.
  5. Постройте конус.
  6. Задайте команду *3DЗЕРКАЛО*(*MIRROR3D*).
  7. Отвечая на запросы команды:
     + выберите конус;
     + задайте опцию *XY*;
     + введите координаты точки на плоскости *XY*: 0,0,0;
     + введите *Н*, чтобы не удалять исходный конус.
  8. В итоге исходный конус зеркально отразился относительно плоскости *XY*.



**Исходный конус**

**Зеркальное отражение**

Рис. 37. Фигура, созданная командой *3DЗЕРКАЛО*(*MIRROR3D*)

**Размножение трехмерным массивом**

С помощью команды ***МАССИВ***(*ARRAY*) можно создавать массив трехмерных объектов в текущей плоскости *XY*. Команда ***3DМАССИВ***(*3DARRAY*) позволяет создавать прямоугольный или круговой массивы в трёхмерном пространстве. Отличие от аналогичной команды, применяемой в двумерном моделировании, состоит в том, что при создании прямоугольного массива объектов кроме количества рядов (направление по оси *Y*) и столбцов (направление по оси *X*) запрашивается количество уровней (направление по оси *Z*), а при создании кругового массива вместо центра вращения используется ось вращения. Для создания трехмерного кругового массива необходимо определить ось поворота, а не двумерную точку, как при использовании команды ***МАССИВ***(*ARRAY*).

Вызывается команда ***3DМАССИВ***(*3DARRAY*) из падающего меню ***Изменить***(*Modify*)⇒ ***3D операции***(*3D Operations*)⇒ ***3D массив***(*3D Mirror*) или из командной строки.

Запросы команды ***3DМАССИВ***(*3DARRAY*):

*Выберите объекты*: выбрать объекты и нажать *Enter* для окончания выбора объектов

(*Select objects*):

*Ввести тип массива* [*Прямоугольный*/*Круговой*] <*П*>: задать опцию или нажать клавишу *Enter*

(*Enter the type of array* [*Rectangular*/*Polar*]<*R*>):

Опции:

* *Прямоугольный*(*Rectangular*) – формирование прямоугольного массива. Опция задается путем ввода *П* (*R*);
* *Круговой*(*Polar*) – формирование кругового массива. Опция задается путем ввода *К*(*P*);

Для формирования *прямоугольного массива* команда выдает следующие запросы:

*Ввести число рядов* (—) <1>: ввести положительное число или нажать клавишу *Enter*

(*Enter the number of rows* (—) <1>):

*Ввести число столбцов* (| | | ) <1>: ввести положительное число или нажать клавишу *Enter*

(*Enter the number of columns* (| | | ) <1>):

*Число этажей* ( . . . ) <1>: ввести положительное число или нажать клавишу *Enter*

(*Enter the number of levels*  <1>):

При задании более одного ряда отображается следующий запрос:

*Задать расстояние между рядами* (—): задать расстояние

(*Specify the distance between rows* (—)):

При задании более одного столбца отображается следующий запрос:

*Расстояние между столбцами* ( | | | ): задать расстояние

(*Specify the distance between columns* ( | | | )):

При задании более одного уровня отображается следующий запрос:

*Расстояние между этажами* ( . . . ): задать расстояние

(*Specify the distance between columns* ( . . . )):

При положительных значениях расстояний массив генерируется вдоль положительных направлений осей *X*, *Y* и *Z*. При отрицательных значениях расстояний массив генерируется вдоль отрицательных направлений осей *X*, *Y* и *Z*.

Для формирования *кругового массива* команда выдает следующие запросы:

*Число элементов в массиве*: ввести положительное значение

(*Enter the number of items in the array*):

*Задать угол заполнения* (+=*прчс*, – =*почс*) <360>: задать угол или нажать клавишу *Enter*

(*Specify the angle to fill* (+=*ccw*, – =*cw*) <360>):

Заданный угол определяет число градусов между первым и последним элементами массива относительно оси поворота. Для поворота против часовой стрелки следует ввести положительное число. Для поворота по часовой стрелке следует ввести отрицательное число.

*Поворачивать элементы массива?* [*Да*/*Нет*] <*Д*>: ввести *Д* или *Н* или нажать клавишу *Enter*

(*Rotate arrayed objects?* [*Yes*/*No*] <*Y*>):

Если ввести *Д*(*Y*) или нажать клавишу *Enter*, каждый элемент массива окажется повернутым.

*Центральная точка массива*: указать центральную точку массива

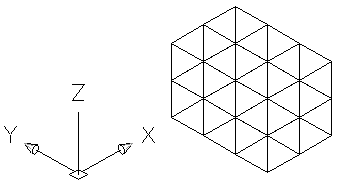
(*Specify center point of array*):

*Вторая точка оси поворота*: указать вторую точку оси поворота

(*Specify second point on axis of rotation*):

**Упражнение 4**. Построить фигуру, изображенную на рис. 38.

* 1. Создайте новый файл рисунка;
  2. Установите область рисования равной 420×297;
  3. Включите ортогональный режим *ОРТО*(*ORTHO*).
  4. Постройте куб, задав угловую точку с координатами (100, 50) и со стороной, равной 4;
  5. Задайте команду *3DМАССИВ*(*3DARRAY*);
  6. Отвечая на запросы команды:
     + выберите опцию *Прямоугольный* (*Rectangular*);
     + выберите исходный куб и нажмите *Enter*;
     + задайте число рядов, равное 3;
     + задайте число столбцов, равное 2;
     + задайте число этажей, равное 2;
     + задайте расстояние между рядами, столбцами и этажами, равное 4.
  7. Установите точку зрения *ЮЗ изометрия* (*SW Isometric*);
  8. В итоге создана фигура, состоящая из 12 кубов.



**Исходный куб**

Рис. 38. Фигура, созданная прямоугольным массивом

**Редактирование трехмерных тел**

**Сопряжение граней**

Команда ***СОПРЯЖЕНИЕ***(*FILLET*) осуществляет плавное сопряжение (скругление) граней, как и в двумерном моделировании. После выбора твердотельной модели эта команда автоматически переключается в режим редактирования тел. Задаваемое значение радиуса сопряжения постоянно. С каркасными и поверхностными моделями команда не работает.

Для скругления тел можно воспользоваться несколькими способами:

* задать радиус и затем указать ребра;
* указать радиус скругления для каждого ребра;
* скруглять последовательность касательных ребер.

Команду можно вызвать одним из способов: из падающего меню ***Изменить***(*Modify*)⇒ ***Сопряжение***(*Fillet*); щелчком на пиктограмме ***Сопряжение***(*Fillet*) на панели инструментов ***Изменить***(*Modify*); из командной строки.

Запросы команды ***СОПРЯЖЕНИЕ***(*FILLET*):

*Выберите первый объект или*

[*оТменить*/*полИлиния*/*раДиус*/*Обрезка*/*Несколько*]: выбрать объект или задать опцию

(*Select first object or*

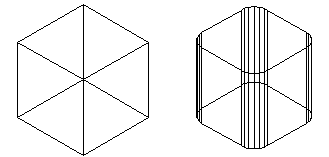
[*Undo*/*Polyline*/*Radius*/*Trim*/*Multiple*]):

Опции:

* *оТменить*(*Undo*) – отменяет предыдущее действие в команде. Опция задается путем ввода *Т* (*U*);
* *полИлиния* (*Polyline*) – строит дуги сопряжения во всех точках пересечения линейных сегментов двумерной полилинии. Опция задается путем ввода *И*(*P*);
* *раДиус*(*Radius*) – определяет радиус сопряжения. Опция задается путем ввода *Д* (*R*);
* *Обрезка*(*Trim*) – позволяет обрезать или нет сопрягае­мые концы по конечной точке дуги сопряжения. Опция задается путем ввода *О* (*T*);
* *Несколько*(*Multiple*) – скругление углов у нескольких наборов объектов. Опция задается путем ввода *Н* (*M*);

**Упражнение 5**. Выполнить скругление верхней и нижней граней куба (рис. 39).

* 1. Создайте новый файл рисунка;
  2. Установите область рисования равной 420×297;
  3. Включите ортогональный режим *ОРТО*(*ORTHO*);
  4. Задайте значение системной переменной *ISOLINES*, равное 20;
  5. Постройте куб с координатами угловой точки (100, 100) и стороной равной, 10;
  6. Установите точку зрения *ЮЗ изометрия* (*SW Isometric*);
  7. Задайте команду  ***СОПРЯЖЕНИЕ***(*FILLET*);
  8. Отвечая на запросы команды:
     + укажите ребро (вертикальное) сглаживания;
     + введите радиус, равный 2;
     + последовательно укажите ребра для сглаживания (все вертикальные ребра).



**Исходный куб**

**Куб после скругления граней**

Рис. 39. Сопряжение граней куба

**Снятие фасок на гранях**

Команда ***ФАСКА***(*CHAMFER*) осуществляет снятие фасок (скашивание) на пересечениях смежных граней тел.

Команду можно вызвать одним из способов: из падающего меню ***Изменить***(*Modify*)⇒ ***Фаска***(*Chamfer*); щелчком на пиктограмме ***Фаска***(*Chamfer*) на панели инструментов ***Изменить***(*Modify*); из командной строки.

При использовании команды необходимо вначале выбрать базовую поверхность, затем ввести размеры фаски и выбрать ребра.

Запросы команды ***ФАСКА***(*CHAMFER*):

*Выберите первый отрезок или*

[*оТменить*/*полИлиния*/*Длина*/*Угол*/*Обрезка*/*Метод*/*Несколько*]: выбрать первый отрезок или задать опцию

(*Select first line or*

[*Undo*/*Polyline*/*Distance*/*Angle*/*Trim*/*mEthod*/*Multiple*]):

Опции:

* *оТменить*(*Undo*) – отменяет предыдущее действие в команде. Опция задается путем ввода *Т* (*U*);
* *полИлиния* (*Polyline*) – построение фасок вдоль всей полилинии.Опция задается путем ввода *И*(*P*);
* *Длина*(*Distance*) – задание длин фасок, то есть расстояний от выбранного пересечения до концов линии фаски. Опция задается путем ввода *Д* (*D*);
* *Угол*(*Angle*) – задание в качестве параметров фаски одной из ее длин и величины угла. Опция задается путем ввода *У* (*A*);
* *Обрезка*(*Trim*) – позволяет обрезать или нет выбранные грани по конечным точкам фаски. Опция задается путем ввода *О* (*T*);
* *Метод*(*mEthod*) – определяет, какой метод используется для построения фаски. Опция задается путем ввода *М* (*E*);
* *Несколько*(*Multiple*) – создает фаски для нескольких объектов. Опция задается путем ввода *Н* (*M*).

*Выбирается базовая поверхность...*

*Задайте опцию выбора поверхности* [*Следующая*/*OK* (*текущая*)] <*OK*>: нажать *Enter*, если подсвечена нужная поверхность

(*Base surface selection . . .*

*Enter surface selection option* [*Next*/*OK* (*current*)] <*OK*>)

Если требуется другая поверхность, следует ввести опцию *С*(*N*), для того, чтобы подсветить смежную поверхность, а затем нажать клавишу *Enter*.

*Длина фаски для базовой поверхности*: задать длину фаски

(*Specify base surface chamfer distance <*20.0000*>*):

*Длина фаски для другой поверхности*: задать длину фаски

(*Specify other surface chamfer distance <*20.0000*>*):

*Выберите ребро или* [*КОнтур*]: выбрать ребро или задать опцию

(*Select an edge or* [*Loop*]):

*Выберите ребро или* [*КОнтур*]: выбрать ребро или задать опцию

(*Select an edge or* [*Loop*]):

**Упражнение 6**. Снять фаску с двух ребер параллелепипеда (рис. 40).

* 1. Создайте новый файл рисунка;
  2. Установите область рисования равной 420×297;
  3. Постройте параллелепипед со следующими параметрами: координаты угловой точки: 100, 100; длина: 50; ширина: 30; высота: 50.
  4. Установите точку зрения *ЮЗ изометрия* (*SW Isometric*);
  5. Задайте команду  ***ФАСКА***(*CHAMFER*);
  6. Отвечая на запросы команды:
* выберите отрезок (см. рис. 40);
* для выбора базовой поверхности нажмите *Enter*;
* длина фаски базовой поверхности: 10;
* длина фаски другой поверхности: 10;
* выберите ребро 1 (см. рис. 40);
* выберите ребро 2 (см. рис. 40)и нажмите *Enter*.

**Тело после** **снятия фасок**

**Исходное тело**

**Выбранный отрезок**

**Выбранное ребро 1**

**Выбранное ребро 2**

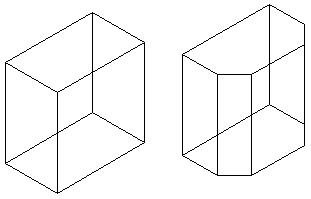


Рис. 40. Снятие фаски с параллелепипеда

**Построение сечений**

Команда ***СЕЧЕНИЕ***(*SECTION*) осуществляет построение поперечного сечения тела в виде области или неименованного блока. Поперечное сечение – это пересечение плоскости и выбранного тела.

Команда ***СЕЧЕНИЕ***(*SECTION*) вызывается из командной строки.

Запросы команды ***СЕЧЕНИЕ***(*SECTION*):

*Выберите объекты*: выбрать объекты и нажать *Enter* для окончания выбора объектов

(*Select objects*):

*Первая точка на секущейся плоскости*

[*Объект*/*Zось*/*Вид*/*XY*/*YZ*/*ZX/3точки*] <*3точки*>: указать первую точку на секущей плоскости или задать опцию

(*Specify first point on Section plane by*

[*Object*/*Zaxis*/*View*/ *XY*/*YZ*/*ZX* /*3точки*] <3 points>):

*Вторая точка на плоскости*: указать вторую точку на плоскости

(*Specify second point on plane*):

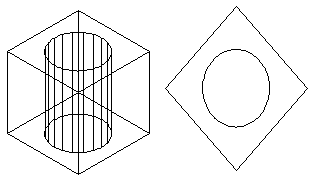
*Третья точка на плоскости*: указать третью точку на плоскости

(*Specify third point on plane*):

По умолчанию секущая плоскость задается путем указания трех точек.

**Упражнение 7**. Построить сечение тела, состоящего из куба и цилиндра.

* + 1. Создайте новый файл рисунка;
    2. Установите область рисования равной 420×297;
    3. Установите точку зрения *ЮЗ изометрия* (*SW Isometric*);
    4. Постройте куб с координатами угловой точки (100, 100) и стороной, равной 30;
    5. Задайте значение системной переменной *ISOLINES*, равное 20;
    6. Постройте цилиндр со следующими параметрами: координаты центра: 115, 115; радиус: 10; высота: 30.
    7. Установите объектные привязки: *Середина*(*Snap to Midpoint*) и *Пересечение*(*Snap to Intersection*). Для этого из падающего меню *Сервис*(*Tools*)⇒ *Режимы рисования*(*Drafting Settings*) вызовите диалоговое окно *Режимы рисования*(*Drafting Settings*) и откройте вкладку *Объектная привязка*(*Object snap*);
    8. Задайте команду *СЕЧЕНИЕ*(*SECTION*);
    9. Отвечая на запросы команды:
* выберите куб и цилиндр;
* укажите точку 1 на середине ребра (см. рис. 41);
* укажите точку 2 в вершине куба (см. рис. 41);
* укажите точку 3 на середине ребра (см. рис. 41).
  + 1. Переместите образовавшееся сечение.



**Точка 1**

**Точка 2**

**Точка 3**

**Сечение**

Рис. 41. Пример построения сечения

**Получение разрезов**

Команда ***РАЗРЕЗ***(*SLICE*) осуществляет построение нового тела путем разрезания какого-либо существующего тела плоскостью. Разрезанные тела наследуют слой и цвет исходного тела, но являются новыми составными телами.

Команда вызывается из падающего меню ***Изменить***(*Modify*)⇒ ***3D операции***(*3D Operation*)⇒ ***Разрез***(*Slice*) или из командной строки.

Запросы команды ***РАЗРЕЗ***(*SLICE*):

*Выберите объекты для разреза*: выбрать объекты и нажать *Enter* для завершения выбора объектов

(*Select objects to slices*)

*Укажите начальную точку режущей плоскости или*

[*плоский Объект*/*Поверхность*/*Zось*/*Вид*/*XY*/*YZ*/*ZX*/*3точки*] <*3точки*>: указать первую точку на режущей плоскости или выбрать опцию

(*Specify start point of slicing plane or*

[*planar Object*/*Surface* /*Zaxis* /*View*/ *XY*/*YZ*/*ZX*/*3points*] <*3points*>):

*Вторая точка на плоскости*: указать вторую точку на плоскости

(*Specify second point on plane*):

*Укажите точку с нужной стороны или* [*выберите Обе стороны*]

<*Обе*>: указать точку с нужной стороны от плоскости

(*Specify a point on desired side or* [*keep Both sides*] <*Both*>):

По умолчанию режущая плоскость задается путем указания трех точек. Две заданные точки определяют угол наклона режущей плоскости. При разрезании тремя точками задается режущая плоскость, а затем указывается, какая часть (или обе) должна быть сохранена.

**Упражнение 8**. Получить разрез тела, состоящего из куба и конуса (рис. 42).

1. Создайте новый файл рисунка;

2. Установите область рисования равной 420×297;

3. Установите точку зрения *ЮЗ изометрия* (*SW Isometric*);

4. Постройте куб с координатами угловой точки (100, 100, 50) и стороной, равной 30;

5. Задайте значение системной переменной *ISOLINES,* равное 20;

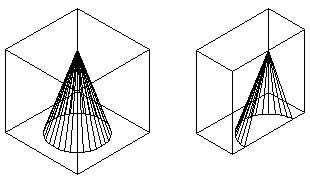
6. Постройте конус со следующими параметрами: координаты центра: 115, 115, 50; радиус: 10; высота: 30.

7. Установите объектные привязки: *Середина*(*Snap to Midpoint*) и *Пересечение*(*Snap to Intersection*). Для этого из падающего меню *Сервис*(*Tools*) ⇒ *Режимы рисования*(*Drafting Settings*) вызовите диалоговое окно *Режимы рисования*(*Drafting Settings*) и откройте вкладку *Объектная привязка*(*Object snap*);

8. Задайте команду *РАЗРЕЗ*(*SLICE*);

9. Отвечая на запросы команды;

* выберите куб и конус;
* укажите точку 1 на середине ребра (см. рис. 42);
* укажите точку 2 на середине ребра (см. рис. 42);
* укажите точку 3 в вершине конуса.



**Точка 1**

**Точка 2**

**Исходное тело**

**Разрез тела**

Рис. 42. Пример получения разреза

**Редактирование граней**

Редактирование граней твердотельного объекта подразумевает возможность выполнения следующих действий: выдавливания, переноса, поворота, смещения, сведения на конус, удаления, копирования, изменения цвета.

Редактирование граней осуществляется командой ***РЕДТЕЛ*** (*SOLIDEDIT*). Команда вызывается из падающего меню ***Изменить***(*Modify*)⇒ ***Редактирование тела***(*Solid Editing*) или из командной строки.

Запросы команды ***РЕДТЕЛ*** (*SOLIDEDIT*):

*Задайте опцию редактирования тела*

[*Грань*/*Ребро*/*Тело ACIS*/*Отменить*/*выХод*] < *выХод* >: нажать *Enter* для завершения команды или задать опцию

(*Enter a solids editing option*

[*Face*/*Edge*/*Body*/*Undo*/*eXit*] < *eXit* >):

Опции:

* *Грань*(*Face*) – редактирование граней твердотельных объектов путем их выдавливания, переноса, поворота, смещения, сведения на конус, удаления, копирования и изменения цвета. Опция задается путем ввода *Г* (*F*);
* *Ребро*(*Edge*) – редактирование ребер твердотельных объектов путем изменения их цвета и копирования. Опция задается путем ввода *Р*(*E*);
* *Тело ACIS*(*Body*) – позволяет редактировать тело как целое путем клеймения его объектами, разделения на несколько тел, преобразования в оболочку, упрощения и проверки. Опция задается путем ввода *Т* (*B*);
* *Отменить*(*Undo*) – отмена операции редактирования. Опция задается путем ввода *О* (*U*);
* *выХод*(*eXit*) – завершение команды*РЕДТЕЛ*(*SOLIDEDIT*). Опция задается путем ввода *Х* (*X*);

**Выдавливание граней**

Плоскую грань можно выдавить, задавая траекторию или численное значение глубины и угла сужения. Траектория выдавливания может состоять из отрезков, кругов, дуг, эллипсов, эллиптических дуг, полилиний и сплайнов. Угол сужения по умолчанию равен 0, а грань выдавливается перпендикулярно своей плоскости без изменения размеров.

Для выдавливания граней команду редактирования тел ***РЕДТЕЛ***(*SOLIDEDIT*) можно вызвать из падающего меню ***Изменить***(*Modify*)⇒ ***Редактирование тела***(*Solid Editing*)⇒ ***Выдавить грани***(*Extrude faces*). При этом в команде выдаются следующие запросы:

*Выберите грани или* [*Отменить*/*Исключить*]: выбрать грани и нажать *Enter* для завершения выбора или задать опцию

(*Select faces or* [*Undo*/*Remove*]):

Опции:

* *Отменить*(*Undo*) – отменяет выбор граней, добавленных в набор последними, и вновь выводит запрос. Опция задается путем ввода *О* (*U*);
* *Исключить*(*Remove*) – исключение ранее выбранных граней из набора. Опция задается путем ввода *И* (*R*).

**Упражнение 9**. Выдавить переднюю и боковую грани параллелепипеда.

1. Создайте новый файл рисунка;

2. Установите область рисования равной 420×297;

3. Установите точку зрения *ЮЗ изометрия* (*SW Isometric*);

4. Постройте параллелепипед со следующими параметрами: координаты угловой точки: (50,50); координаты второй точки: (300, 200); высота: 50.

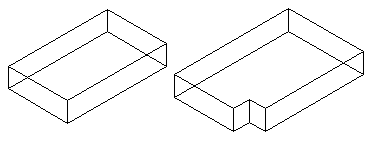
5. Из падающего меню задайте *Изменить*(*Modify*)⇒ *Редактирование тела*(*Solid Editing*)⇒ *Выдавить грани*(*Extrude faces*);

6. Выберите две грани (см. рис. 43) и нажмите *Enter*;

7. Задайте глубину выдавливания, равной 40;

8. Задайте угол сужения, равным 0°;

9. На последующие запросы отвечайте нажатием *Enter*.



**Исходное тело**

**Тело после выдавливания**

**Грань 1**

**Грань 2**

Рис. 43. Выдавливание граней параллелепипеда

**Поворот граней**

Для поворота граней команду редактирования тел ***РЕДТЕЛ***(*SOLIDEDIT*) можно вызвать из падающего меню ***Изменить***(*Modify*)⇒ ***Редактирование тела***(*Solid Editing*)⇒ ***Повернуть грани***(*Rotate faces*). При этом в команде выдаются следующие запросы:

*Выберите грани или* [*Отменить*/*Исключить*/*Все*]: выбрать грани и нажать *Enter* для завершения выбора или задать опцию

(*Select faces or* [*Undo*/*Remove/All*]):

Опции:

* *Отменить*(*Undo*) – отменяет выбор граней, добавленных в набор последними, и вновь выводит запрос. Опция задается путем ввода *О* (*U*);
* *Исключить*(*Remove*) – исключение ранее выбранных граней из набора. Опция задается путем ввода *И* (*R*);
* *Все*(*All*) – выбор всех граней. Опция задается путем ввода *В* (*A*).

Поворот граней осуществляется путем выбора базовой точки и установки значения угла. Все пространственные грани поворачиваются вокруг выбранной оси. Ось может определяться следующими способами: указанием двух точек, объекта, одной из осей координат или направлением взгляда. Положительным направлением оси считается направление от начальной точки к конечной точке.

**Упражнение 10**. Повернуть переднюю грань параллелепипеда на 25°.

1. Создайте новый файл рисунка;

2. Установите область рисования равной 420×297;

3. Установите точку зрения *ЮЗ изометрия* (*SW Isometric*);

4. Постройте параллелепипед со следующими параметрами: координаты угловой точки: (50,50); координаты второй точки: (300, 200); высота: 50.

5. Из падающего меню задайте *Изменить*(*Modify*)⇒ *Редактирование тела*(*Solid Editing*)⇒ *Повернуть* *грани*(*Rotate faces*);

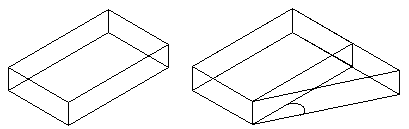
6. Выберите переднюю грань (см. рис. 44) и нажмите *Enter*;

7. Укажите точку 1 оси вращения (см. рис. 44);

8. Укажите точку 2 оси вращения (см. рис. 44);

10. Задайте угол поворота, равным 25°;

11. На последующие запросы отвечайте нажатием *Enter*.

****

**Выбранная грань**

**Точка 1**

**Точка 2**

**Угол 25°**

Рис. 44. Поворот грани параллелепипеда на 25°

**Сведение граней на конус**

Грани тела можно наклонить относительно заданного направления, которое определяется указанием двух точек. При этом первая точка (базовая) определяет вершину угла, вторая – одну из его сторон. Угол наклона изменяется в диапазоне от -90° до 90°. Положительное значение угла наклона грани соответствует уменьшению объема тела, а отрицательное значение – увеличению объема. Все грани, входящие в набор, сужаются на одинаковую величину.

Для сведения граней на конус команду редактирования тел ***РЕДТЕЛ***(*SOLIDEDIT*) можно вызвать из падающего меню ***Изменить***(*Modify*)⇒ ***Редактирование тела***(*Solids Editing*)⇒ ***Свести грани на конус***(*Taper faces*). При этом в команде выдаются следующие запросы:

*Выберите грани или* [*Отменить*/*Исключить*/*Все*]: выбрать грани и нажать *Enter* для завершения выбора или задать опцию

(*Select faces or* [*Undo*/*Remove/All*]):

Опции:

* *Отменить*(*Undo*) – отменяет выбор граней, добавленных в набор последними, и вновь выводит запрос. Опция задается путем ввода *О* (*U*);
* *Исключить*(*Remove*) – исключение ранее выбранных граней из набора. Опция задается путем ввода *И* (*R*);
* *Все*(*All*) – выбор всех граней. Опция задается путем ввода *В* (*A*).

*Базовая точка*: указать базовую точку

(*Specify the base point*):

*Укажите другую точку на оси конуса*: указать другую точку на оси конуса

(*Specify another point along the axis of tapering*):

*Угол сужения*: указать угол сужения

(*Specify the taper angle*):

**Упражнение 11**. Наклонить две боковые грани параллелепипеда на 30°.

1. Создайте новый файл рисунка;

2. Установите область рисования равной 420×297;

3. Установите точку зрения *ЮЗ изометрия* (*SW Isometric*);

4. Постройте параллелепипед со следующими параметрами: координаты угловой точки: (50,50,0); координаты второй точки: (200, 300,0); высота: 100.

5. Из падающего меню задайте *Изменить*(*Modify*)⇒ *Редактирование тела*(*Solid Editing*)⇒ *Свести грани на конус*(*Taper faces*);

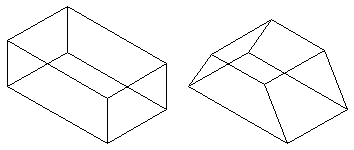
6. Выберите грань 1 и грань 2 (см. рис. 45). По завершении выбора нажмите *Enter*;

7. Укажите базовую точку 1 (см. рис. 45);

8. Укажите точку 2 на оси (см. рис. 45);

10. Задайте угол 30°;

11. На последующие запросы отвечайте нажатием *Enter*.

****

**Исходное тело**

**Тело после наклона граней**

**Грань 1**

**Грань 2**

**Точка 2**

**Точка 1**

Рис. 45. Наклон боковых граней тела на 30°

**Вопросы для самопроверки**

* 1. Какими способами можно задать команду редактирования?
  2. Какие команды редактирования осуществляют поворот трехмерных объектов?
  3. Дайте развернутое толкование команде размножения массивом.
  4. Какова последовательность действий при выполнении операции сопряжения граней у пространственных тел?
  5. Какова последовательность действий при выполнении операции снятия фаски у пространственных тел?
  6. В чем заключается процедура построения сечения пространственного тела?
  7. Как осуществляется операция разрезания пространственного объекта?
  8. Какие действия выполняет команда редактирования граней?

**Лабораторная работа № 9**

**Тема:** Детальное отображение поверхностей.Алгоритмы анимации трехмерных моделей.

Само понятие «компьютерная графика» уже достаточно известно – это создание рисунков и чертежей с помощью компьютера. А вот компьютерная анимация – это несколько более широкое явление, сочетающее компьютерный рисунок (или моделирование) с движением. Полученные рисунки, выводимые последовательно на экран с определенной частотой, создают иллюзию движения. Итак, компьютерная анимация – это получение движущихся изображений на экране дисплея.

Режимы анимации *Обход* и *Облет* позволяют пройти по модели так же, как это делается в компьютерных играх. Используя камеру, можно сделать снимки модели с любых точек, а затем посмотреть, как будет выглядеть ваш проект.

**Обход и облет модели**

Обход чертежа – это динамический просмотр изображения модели, когда точка – камера, из которой просматривается модель, находится в плоскости *XY*. Управление движением камеры выполняется клавишами на клавиатуре или мышью.

Облет чертежа происходит точно так же, как и его обход, но с единственным отличием: облет чертежа не имеет ограничений на перемещение в плоскости *XY*, что позволяет перемещаться и в направлении оси *Z*.

Для выполнения обхода чертежа применяется команда ***3DОБХОД***(*3DWALK*), а облет чертежа выполняется командой ***3DОБЛЕТ***(*3DFLY*).

Все, что будет видно при обходе или облете чертежа, можно сохранить в отдельном файле, а потом воспроизвести его в виде анимационного ролика.

**Настройка параметров**

Параметры обхода и облета чертежа устанавливаются в диалоговом окне ***Параметры обхода и облета***(*Walk and fly Settings*). Параметры включают в себя управление выводом окон подсказки и локатора положения, а также определение значения шага и количества их за одну секунду. Это диалоговое окно можно вызвать одним из способов: из командной строки, задав команду ***ОБХОДОБЛЕТНАСТР***(*WALKFLYSETTINGS*); из падающего меню ***Вид***(*View*)⇒ ***Обход и облет***(*Walk and Fly*)⇒ ***Параметры обхода и облета***(*Walk and Fly Settings*); на панели инструментов ***Обход и облет***(*Walk and Fly*).

**Обход**

После запуска команды ***3DОБХОД***(*3DWALK*) имитируется обход всего *3D*-чертежа в плоскости *XY*.

Для обхода чертежа используются четыре клавиши со стрелками, которые управляют перемещением вверх, вниз, влево и вправо.

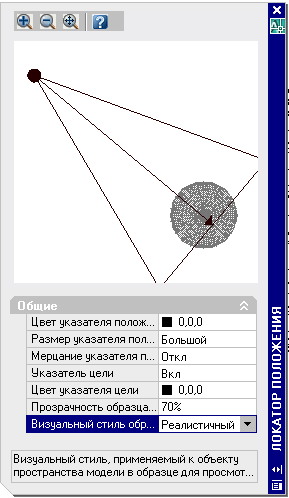
Команду можно вызвать одним из способов: в командной строке; из падающего меню ***Вид***(*View*)⇒ ***Обход и облет***(*Walk and Fly*)⇒ ***Обход***(*Walk*); щелчком на пиктограмме ***Обход***(*Walk*) на панели инструментов ***Обход и облет***(*Walk and Fly*).

**Упражнение 1**. Выполните обход чертежа.

1. Создайте новый файл рисунка;
2. Установите область рисования равной 420×297;
3. Установите точку зрения *CЗ изометрия* (*NW Isometric*);
4. Задайте значение системной переменной *ISOLINES*: 16;
5. Вызовите команду *ШАР*(*SPHERE*) и создайте произвольную сферу;
6. Вызовите команду обхода чертежа любым из способов, указанных выше. После вызова команды появляется информационное окно, в котором предупреждается, что режим обхода чертежа возможен только при перспективном изображении;
7. В этом информационном окне щелкните кнопку *Да*(*Yes*), чтобы установить перспективный вид модели;
8. На экране появляется справочное окно, в котором напоминается о том, что перемещение по модели выполняется с помощью клавиатуры, круговой осмотр и поворот – с помощью мыши. Щелкните кнопку *Закрыть*(*Close*);
9. После закрытия справочного окна на экране выводится палитра ***ЛОКАТОР ПОЛОЖЕНИЯ***(*POZITION LOCATOR*) (рис. 46) для настройки положения камеры и цели относительно модели;
10. Зацепите мышью в окне палитры линию, соединяющую камеру с целью (появится рука), и перетащите ее в новое положение;
11. Нажмите на указатель положения (цветную точку) и перетащите его в новую позицию;
12. Нажмите на указатель цели и перетащите его в новое положение;
13. В разделе ***Общие***(*General*) внесите изменения в текущие установки:

* измените цвет указателя положения;
* установите размер указателя положения: большой;
* включите и отключите мерцание указателя положения;
* отключите и включите указатель цели.

1. Щелкните левой кнопкой мыши в *Графическом поле* рабочего стола AutoCAD и, удерживая нажатой левую кнопку, перемещайтесь по модели в разных направлениях. Попробуйте перемещаться по модели, нажимая кнопки со стрелками на клавиатуре;
2. Нажмите клавишу *Esc* для выхода.

****

**Камера**

**Цель**

Рис. 46. Палитра *ЛОКАТОР ПОЛОЖЕНИЯ*(*POZITION LOCATOR*)

**Облет**

После запуска команды ***3DОБЛЕТ***(*3DFLY*) имитируется облет всего *3D*-чертежа. Во время облета чертежа, в отличие от его обхода, можно интерактивно изменять высоту *Z*, на которой находится точка просмотра.

Для облета чертежа используются четыре клавиши со стрелками, которые управляют перемещением вверх, вниз, влево и вправо.

Команду можно вызвать одним из способов: в командной строке; из падающего меню ***Вид***(*View*)⇒ ***Обход и облет***(*Walk and Fly*)⇒ ***Облет***(*Fly*); щелчком на пиктограмме ***Облет***(*Fly*) на панели инструментов ***Обход и облет***(*Walk and Fly*).

**Создание анимации**

Динамическое изображение модели, создаваемое при обходе или облете чертежа, можно сохранить для повторного воспроизведения.

**Упражнение 2**. Выполните обход чертежа и воспроизведите его.

1. Воспользуйтесь изображением, созданным в упражнении 1;
2. Задайте в командной строке команду *ПУЛЬТУПР*(*DASHBOARD*). После вызова команды появляется окно *ПУЛЬТУПР*(*DASHBOARD*) с панелями управления. Активизируйте панель управления *3D орбита*(*3D orbit*);
3. Щелкните кнопку *Обход*(*Walk*);
4. Щелкните кнопку *Начать запись анимации*(*Start Recording* *Animation*), которая активизируется после запуска команды обхода. После этого выполните обход чертежа;
5. Остановите запись анимации в нужный момент времени, нажав кнопку *Приостановить запись анимации*(*Pause animation*);
6. Просмотрите полученное динамическое изображение видов модели, щелкнув кнопку *Воспроизвести анимацию*(*Play*);
7. Для запоминания анимационного ролика в отдельном файле щелкните кнопку *Сохранить*(*Save*). Созданный файл можно просмотреть средствами Windows без использования программы AutoCAD;
8. В появившемся диалоговом окне *Сохранение файла*(*Save As*) присвойте имя файлу, укажите свою папку для его сохранения и щелкните кнопку *Сохранить*(*Save*). На экране появится информационное окно *Создание видеоролика*(*Creating Video*) с информацией о ходе создания видеоролика;
9. Закройте окно *ПУЛЬТУПР*(*DASHBOARD*) и нажмите *Esc*;
10. Выйдите из программы AutoCAD и просмотрите полученный файл средствами Windows.

**Анимация движением по траектории**

Существует способ создавать видеоролики, перемещая камеру и цель по заранее построенным траекториям, к которым они привязываются. Записанный в файле видеоролик можно просмотреть без использования программы AutoCAD.

В этом случае камера движется по заранее заданному пути, и направление просмотра определяется точкой цели или другим путем, по которому она движется. В качестве траектории может служить отрезок, окружность, эллипс, сплайн, дуга, полилиния.

**Упражнение 3**. Создайте анимационный ролик, используя движение по траектории.

1. Установите область рисования равной 420×297;
2. Установите точку зрения *CЗ изометрия* (*NW Isometric*);
3. Задайте значение системной переменной *ISOLINES*: 16;
4. Вызовите команду *ШАР*(*SPHERE*) и создайте сферу со следующими параметрами:

центр шара: 50, 50, 50;

радиус шара: 20.

1. Вызовите команду *ДУГА*(*ARC*);
2. Отвечая на запросы команды, задайте следующие параметры:

координаты начальной точки: 50, 50, 50;

координаты второй точки: 160, 280;

координаты конечной точки: 365, 120.

1. Задайте из меню *Вид*(*View*)⇒ *Анимация траектории перемещения*(*Motion Path Animation*). Появится диалоговое окно *Анимация траектории перемещения*(*Motion Path Animation*), в котором свяжите камеру и цель с траекториями их перемещения;
2. В диалоговом окне в разделе *Камера*(*Camera*) установите переключатель *Точечный*(*Point*). Щелкните кнопку *Указать точку* (*Specify* *Point*);
3. Введите координаты расположения камеры: -250, -230;
4. В появившемся диалоговом окне задайте имя точки *Точка1* и щелкните кнопку *OK*;
5. В разделе *Цель*(*Target*) установите переключатель *Траекторией*(*Path*). Щелкните кнопку *Указать траекторию*(*Specify* *Pаth*) и выберите дугу;
6. В появившемся диалоговом окне задайте имя траектории *Путь1* и щелкните кнопку *OK*;
7. В диалоговом окне в поле *Продолжительность*(*сек.*) (*Duration*(*seconds*)) установите значение 4;
8. Установите в поле *Разрешение*(*Rezolution*): 800×600;
9. Нажмите кнопку *Просмотр*(*Preview*), чтобы проверить результаты настроек на временно запускаемой анимации.
10. Щелкните кнопку *Просмотр*(*Preview*) для повторного просмотра или закройте окно предварительного просмотра анимации;
11. В диалоговом окне *Анимация траектории перемещения*(*Motion Path Animation*) щелкните кнопку *OK*, присвойте имя файлу и установите свою рабочую папку для его сохранения. В диалоговом окне *Сохранение файла*(*Save As*) щелкните кнопку *Сохранить*(*Save*);
12. Выйдите из программы AutoCAD и просмотрите полученный файл средствами Windows.

## Вопросы для самопроверки

* + - 1. В чем заключается разница между обходом и облетом модели?
      2. Каким образом выполняется настройка параметров обхода и облета?
      3. Какие способы создания видеороликов рассмотрены в данной работе?

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

|  |  |
| --- | --- |
| Введение. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 3 |
| Лабораторная работа № 1. Основные понятия и интерфейс AutoCAD. . | 5 |
| Лабораторная работа № 2. Системы координат: ввод координат, задание пользовательской системы координат, объектная привязка координат. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 15 |
| Лабораторная работа № 3. Графические примитивы AutoCAD. . . . . . . | 23 |
| Лабораторная работа № 4. Редактирование чертежей в AutoCAD. . . . . | 35 |
| Лабораторная работа № 5. Ввод трехмерных координат и просмотр трехмерных объектов в AutoCAD. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 47 |
| Лабораторная работа № 6. Создание пространственных моделей. . . . . | 58 |
| Лабораторная работа №  7. Моделирование тел в трехмерном пространстве. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 73 |
| Лабораторная работа №  8.   Редактирование в трехмерном пространстве. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 88 |
| Лабораторная работа № 9. Детальное отображение поверхностей.Алгоритмы анимации трехмерных моделей. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 108 |
| Курсовая работа. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 114 |
| Библиографический список. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 122 |

Людмила Петровна **Цикоза**

Валентина Ивановна **Анциферова**

**Компьютерная геометрия и графика**

Методические указания к выполнению лабораторных и курсовых работ

для студентов по направлению подготовки

230400 – Информационные системы и технологии

Редактор Е.А. Богданова

Подписано в печать Формат 60×90/16. Объем 7,69 п. л.

Усл. печ. л. 7,69. Уч. -изд. л. 7,69. Тираж 25 экз. Заказ

ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия»

РИО ФГБОУ ВПО «ВГЛТА». 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8

Отпечатано в УОП ФГБОУ ВПО «ВГЛТА»

394087, г. Воронеж, ул. Докучаева, 10